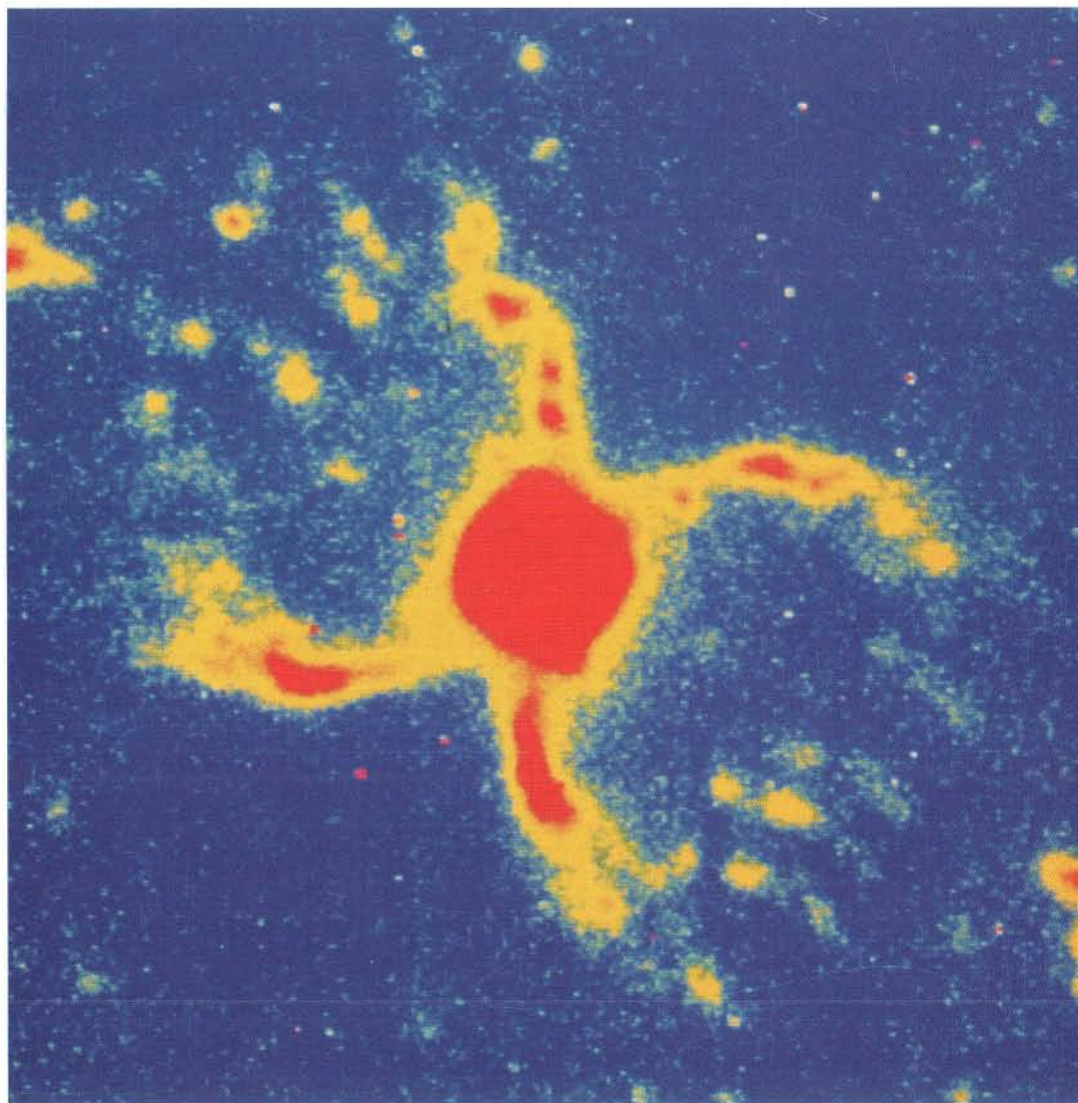


2

57<sup>e</sup> jaargang

# NATUUR '89 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



**SUPERNOVA 1987 A/** COSMETICA/HET GEVOEL/ DIAMANT/  
DE WOESTIJN OP DE KORREL/ASPIRINE

**SOMMIGE  
SLECHTZIENDEN  
ZIEN DIT.**

**SOMMIGE  
SLECHTZIENDEN  
ZIEN DIT.**

## **SOMMIGE GOEDZIENDEN ZOUDEN DAAR EENS AAN MOETEN DENKEN.**

Zo'n honderdduizend Nederlanders hebben te kampen met slechthooftheid.

Dat is niet zwaar, maar wel verdraaid lastig. Want sommige slechthoofden kunnen bijvoorbeeld overdag redelijk goed zien.

Maar 's avonds praktisch geen snars.

Anderen zien een paar vierkante centimeter scherp, maar alles er omheen wazig.

Zo zijn er vele vormen van slechthoof-

heid, waar weinig of niets aan te doen is.

U kunt er wel iets aan doen.

Heel af en toe. Gewoon door begrip te tonen.

Of waar nodig een helpende hand uit te steken.

Soms herkent u een slechthoofde aan de button die verkrijgbaar is bij de Nederlandse

Vereniging van Blinden en Slechthoofden, Postbus 2344, 3500 GH

Utrecht, telefoon 030 - 93 11 41.





# NATUUR '89 & TECHNIEK

Losse nummers:  
f 10,00 of 200 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



## Bij de omslag

Sterrenkundigen kennen al jaren de Krabnevel, een sterrenstelsel dat qua vorm helemaal niet zo op een krab lijkt. Onlangs is een stelsel ontdekt dat wel een krabvorm heeft, als gevolg van de uitwisseling van materiaal tussen twee naburige stelsels. Het heet al blijft dus verrassingen in petto houden. Over een andere verrassing leest u op pag. 100 e.v.

(Foto: European Southern Observatory, Garching bei München)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Oldé Juninck.

Onderwijscontacten: W.H.P. Geerits, tel. 04759-1305.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein, Drs C.F.M. de Roos, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluys, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. Van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Vormgeving: H. Beurskens, J. Pohlen, M. Verreijt, M. Hannen.

Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223\*.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044\*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

**EURO**  
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



**Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

---

# INHOUD

---

ACTUEEL	IV
AUTEURS	XII
HOOFDARTIKEL Probleemoplossing	85

---

<b>COSMETICA</b>	86
------------------	----

Wetenschap van schoonheid

**E.E. Brand en H.M. Brand**

De verzorging en decoratie van de huid krijgt sinds mensenheugenis veel aandacht. Door de snelle ontwikkeling van de chemische industrie is een breed scala aan grondstoffen voor cosmetische produkten ontstaan. Achter parfums, lipsticks, nagellakken, rouge, eyeliners, wenkbrauwpotloden, dag- en nachtcrèmes, after-shavelotions, zepen, deodorants en shampoos zitten betrekkelijk eenvoudige fysische en chemische principes. Cosmetische produkten, wat ze wel en wat ze niet doen, worden in dit artikel nader bekeken.



---

<b>DE GEBORTE VAN EEN STERVENDE STER</b>	100
--	-----

Supernova 1987a

**G. Kiers**

Op 24 februari 1987 was het eindelijk raak. Voor het eerst in eeuwen werd een grote supernova waargenomen. Een supernova is een stervende ster. Sterren exploderen in hun doodsstrijd en worden daardoor enige tijd ongewoon helder. Astronomen waren er als de kippen bij om dit unieke verschijnsel te bestuderen. Hun metingen maakten het noodzakelijk bestaande theorieën over de levensloop van sterren te herzien. Wat zijn ze wijzer geworden van de gebeurtenissen die zich al meer dan 170 000 jaar geleden in de ster Sanduleak-69°202 afspeelden?



---

<b>HET GEVOEL</b>	110
-------------------	-----

**F. Sachs**

De tastzin is een onmisbaar zintuig. Pasgeboren baby's zijn primair van de tast afhankelijk bij het verkennen van de wereld om hen heen. Ook op latere leeftijd doen we veel dingen 'op het gevoel'. De tastzin is ondergebracht in ontelbare zintuigjes, die zich veelal vlak onder de huid bevinden. Wanneer hun vorm verandert, geven zij een signaal aan de hersenen. Ook elders in het lichaam bevinden zich drukgevoelige cellen, bijvoorbeeld in het oor in het evenwichtsorgaan. Al deze cellen werken op basis van dezelfde moleculaire principes.





# NATUUR '89 & TECHNIEK

februari / 57<sup>e</sup> jaargang/1989



## DIAMANT

Schitterende toepassingen

**W.J.P. van Enkevort**

Diamant is een zeldzaam kristal dat, na bewerking, een veelbegeerd juweel is, vooral door de ongeëvenaarde schittering die het vertoont. Die schittering is het resultaat van een aantal bijzondere eigenschappen van diamant. Deze maken het bij uitstek geschikt voor een aantal speciale toepassingen in natuurwetenschappelijk onderzoek. Door zijn kristalstructuur is het het hardste materiaal dat bekend is. Dit artikel behandelt vooral die toepassingen waar geen juwelier aan te pas komt.

122



## DE WOESTIJN OP DE KORREL

**W. Van Cotthem**

De Sahelzone in Afrika wordt bedreigd door een oprukkende woestijn. De verschraling en uitdroging van de bodem maakt dat akkerbouw en veeteelt er vrijwel onmogelijk zijn. Regelmatig treden er dan ook ernstige hongersnoden op. Eén van de methoden om deze in de toekomst te voorkomen, is verbetering van de bodemstructuur, zodat planten weer wortel kunnen schieten. Hiertoe is een mengsel ontwikkeld van groeistimulerende stoffen en waterabsorberende polymeren, die het weinige regenwater langere tijd kunnen vasthouden.

134



## ASPIRINE

Kleine beetjes helpen

**F.P. Nijkamp**

Miljoenen mensen over de hele wereld gebruiken regelmatig acetylsalicylzuur, beter bekend als aspirine. Aspirine is het meest gebruikte geneesmiddel bij matige pijn en koorts. Het blokkeert de chemische overdracht van pijnprikkels naar het centrale zenuwstelsel. De patiënt voelt de pijn weliswaar niet meer, maar de oorzaak ervan wordt niet weggenomen. Aspirine blijkt naast de bekende toepassingen nog een aantal verrassende werkingen te hebben, waardoor met name de effecten van lage doses sterk in de belangstelling staan.

142

## ANALYSE EN KATALYSE

Wetenschap in de Sovjetunie

152

## BEZIENSWAARDIG/ACTUEEL

162

## TESTVRAGEN/PRIJSVRAAG

167

# ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving

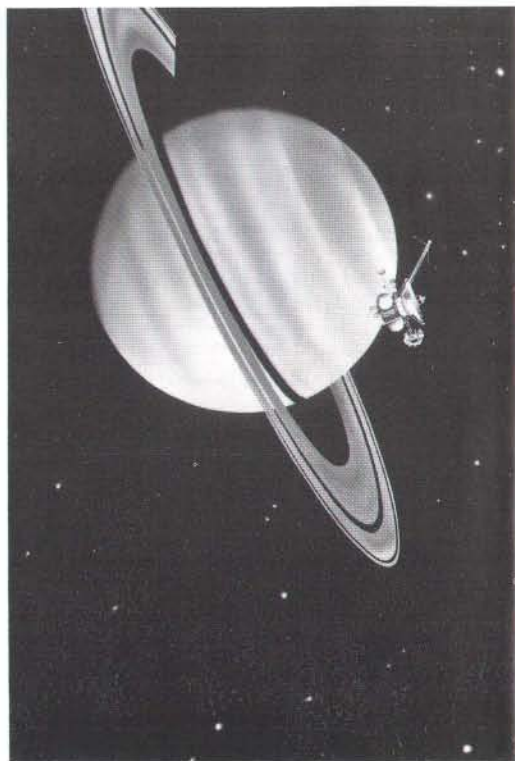
## natuur en techniek

### Naar Titan

In een gezamenlijk project van de Amerikaanse en Europese ruimtevaartorganisaties NASA en ESA zal in het jaar 2002 een ruimteschip de atmosfeer en oppervlakte van Saturnus' maan Titan onderzoeken. Een deel van het ruimtevaartuig is genoemd naar de Nederlandse sterrenkundige en natuurkundige Christiaan Huygens, die Titan en de ringen rond Saturnus in 1656 ontdekte. Dit onderzoek van Titan, de grootste maan van Saturnus en van het zonnestelsel, maakt deel uit van de Cassini-missie, vernoemd naar de 17e eeuwse Frans-Italiaanse astronoom Giovanni Cassini, die een viertal manen rond Saturnus ontdekte. Deze missie vormt eigenlijk het logische vervolg op de succesvolle vluchten van de Voyagers 1 en 2 die niet alleen de wetenschappelijke wereld versteld deden staan door de zeer spectaculaire en gedetailleerde foto's van Jupiter en Saturnus. De beide vaartuigen scheerden echter langs de planeten, waardoor een momentopname ontstond. De Cassini-missie is permanent van karakter, omdat een deel van het Cassini-ruimtevaartuig — de Saturnus-orbiter — in een baan rond Saturnus vier jaar operationeel moet blijven om Saturnus, de ringen en manen van de planeet verder te onderzoeken. Vooral de ringen zijn zo interessant omdat wetenschappers menen dat ons zonnestelsel ooit uit een zelfde soort ringen van stofdeeltjes en wat grotere brokken is ontstaan. Het Cassini-ruimtevaartuig (1890 kg) bevat naast de Saturnus-orbiter de Huygens-capsule waarmee

Titan wordt onderzocht. Wanneer de capsule zich op het goede moment loskoppelt van de orbiter, 'valt' zij naar Titan. Met behulp van een rond kegelvormig schild, wordt de snelheid van de capsule tot  $266 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  teruggebracht, waarna de snelheid met parachutes gedurende twee tot drie uur tot slechts  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ( $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) moet worden gereduceerd om een zachte landing op Titan te garanderen. Hierna moet het mogelijk zijn om een monster van het oppervlak te nemen, een analyse uit te voeren en de gegevens daarvan over te zeinen. Het is overigens niet gezegd dat Huygens op vaste grond komt te

staan. Een plons in een meer met ethaan/methaan is ook mogelijk. Instrumenten die aan boord meegaan zijn een gaschromatograaf met daaraan gekoppeld een massaspectrometer, een infra-roodspectrometer, een hoogtemeter en een camera. Verder is de capsule toegerust met een instrument om deeltjes uit de atmosfeer op te vangen en te verbranden, waarna de verbrandingsprodukten geanalyseerd kunnen worden, een instrument om de structuur van de dampkring te bepalen en een detector om onweer en radiogolven waar te nemen. De orbiter ontvangt de gegevens van Huygens en stuurt ze naar de Aarde.



Een indruk van de Cassini-missie: op de achtergrond Saturnus met daarboven zwevend de orbiter. Op de voorgrond de Huygens-capsule, afdalend naar Titan. Het grote conische schild moet de capsule in de eerste paar honderd kilometer van de dampkring afremmen.  
(Foto: ESA).



De reden om Titan uit te kiezen voor onderzoek is dat het de enige maan is waarvan we weten dat zij een dikke atmosfeer heeft, bestaande uit stikstof en organische materialen. De druk aan de oppervlakte is 1,5 bar en de temperatuur  $-179^{\circ}\text{C}$ . Wetenschappers menen dat deze omstandigheden lijken op die van de primitieve aarde voordat daar leven ontstond. Op deze manier hoopt men dus iets meer te weten te komen over de omstandigheden waarin het leven op aarde is ontstaan. Door de afstand tussen de aarde en Saturnus – een radio-sigitaal doet er ruim een uur over om die te overbruggen – is het niet mogelijk om de missie vanaf de aarde te leiden. Het vaartuig en de capsule zijn dus geheel op zichzelf aangewezen, wat hoge eisen stelt aan de kwaliteit van de elektronica.



De Amerikaanse ruimtevaartuigen Voyager 1 en 2 hebben een tiental jaren geleden gedetailleerde foto's van de atmosfeer van Saturnus naar de aarde geseind. Sinds die tijd breken onderzoekers zich het hoofd over de mogelijke 'weersomstandigheden' op Saturnus. De planeet is namelijk niet gedeeltelijk bewolkt, zoals de aarde, maar er is een dicht wolkendek met concentrische cirkelvormige banen waarin slechts hier en daar wervelingen optreden. Veel computertijd is al besteed aan het simuleren van atmosfeermodellen waarbij die wervelingen ontstaan. De nieuwe Saturnus-orbiter zal enkele jaren rond Saturnus cirkelen en dus veel meer informatie over de (in)stabiliteit van de atmosfeer rond Saturnus kunnen registreren. (Foto: NASA/Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California)

Cassini gaat in april 1996 op weg en volgt een vrij ingewikkeld traject, omdat de kracht van de Titan-raket toch onvoldoende is om het vaartuig helemaal tot Saturnus te stuwen. Eerst wordt in maart 1997 een 'bezoek' gebracht aan de astroïde 66 Maja, waarna het vaartuig weer terugvliegt naar de aarde. Eigenlijk levert dit een verlies van twee jaar op, maar door de aantrekkingskracht van de aarde tijdens deze terugvlucht krijgt het vaartuig zo'n 'zwieper' dat rond de eeuwwisseling Jupiter te halen is, zonder dat dit brandstof kost. Door hier eenzelfde soort manoeuvre te voltooien kan Saturnus in 2002 worden bereikt.

Jacques Verduijn

# SICILIË



Boven: Gezicht op de Etna vanuit het Griekse theater in Taormina.

Links: Palermo, kloosterhof bij de Capella Palatine met bisschoppelijk paleis.

Geheel links: Enkele karakteristieke planten, agave, aloë en cactus.



# EEN HEEL ANDER LAND EN TOCH NIET VER WEG

In samenwerking met de Stichting AVICULA ter bevordering van Natuur en Cultuurreizen organiseert Natuur & Techniek twee bijzondere 8-daagse cultuurreizen naar Sicilië.

■ **26 augustus - 2 september 1989**

begeleid door prof.dr. W.J.Th. Peters, em. hoogleraar klassieke archeologie aan de Katholieke Universiteit van Nijmegen, en door mevrouw drs. M.J.Th. Peters - Moormann, classica.

■ **14 - 21 oktober 1989**

begeleid door prof.dr. L. de Blois, hoogleraar oude geschiedenis aan de Katholieke Universiteit van Nijmegen.

**S**icilië was en is een kruispunt van culturen. Het heeft iets van het moderne Italië, maar vertoont ook nog sporen van Grieken, Romeinen, Arabieren en Normandiërs die er vroeger eeuwen gewoond en geheerst hebben.

Het eiland ligt midden in de Middellandse Zee, telt ca. vijf miljoen inwoners en is 25.462 km<sup>2</sup> groot. De kust is weinig geleed en grotendeels steil, vooral de oostkust, met hier en daar smalle kustvlakten en kleine beschermde bochten; de zuidkust is een lage klifkust. In Noord-Sicilië liggen enkele bergketens, die in het noordoosten uitlopen op de reusachtige vulkaan Etna (3263 m.). De rest van Sicilië bestaat uit heuvels en lage bergen, met vlakten en dalen ertussen. Sommige van die vlakten

zijn uiterst vruchtbaar (vulkanische grond). De zomers zijn er droog en warm, de winters zacht en regenrijk; de overgang van de nazomer naar het regenseizoen ligt in november.

**H**et overgrote deel van de inwoners is gevestigd aan de kusten, in de grote steden Palermo, Messina, Catania, Siracusa en Trapani. In het binnenland zijn grote gebieden zeer dun bevolkt. De belangrijkste bronnen van inkomsten zijn de landbouw (graan, olijven, druiven, sinaasappels), de industrie (petrochemische industrie in Gela en Augusta), de visvangst, het toerisme, de zeevaart en de gelden die geëmigreerde Siciliaanse arbeiders naar hun familiesleden sturen.

STICHTING  
avicula



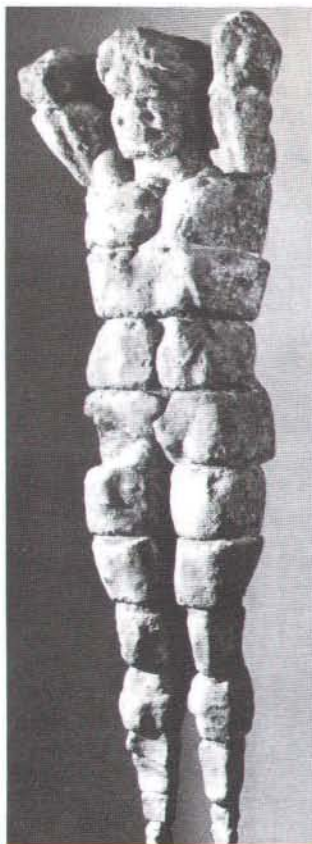
ter bevordering van  
**NATUUR  
CULTUUR  
REIZEN**

NATUUR  
& TECHNIEK

## Geschiedenis

**S**icilië was reeds in de prehistorische tijd relatief dicht bevolkt. De oudste sporen aan de noord- en zuidkust dateren uit de Oude Steentijd. Een grote vooruitgang in de vervaardiging van werktuigen en in de bevolkingsdichtheid is te constateren in het vierde millennium v.Chr. In deze tijd bedreven de bewoners landbouw, veeteelt en zeevaart, gebruikten zij aardewerk en woonden zij in hutten in versterkte dorpen. De werktuigen waren toen in hoofdzaak nog van steen. Een volgende stap vooruit werd gezet in de bronstijd, die op Sicilië rond 1800 v.Chr. begon.

Sicilië trad pas door de Griekse kolonisatie uit het waas van de prehistorie. Vanaf de achtste eeuw v.Chr. vestigden zich groepen Grieken, die in hun eigen land te kampen hadden met relatieve overbevolking, op de kusten van Sicilië en stichtten er steden: Siracusa, Catania, Agrigento en Selinunte. In de zevende en zesde eeuw werden van daaruit dochterkolonies gesticht. Ongeveer in dezelfde tijd vestigden de Phoeniërs, zowel vanuit Phoenicië zelf (het huidige Libanon) als vanuit Carthago (in Tunesië) kolonies op de westkust (Palermo, Erice en Trapani). De oorspronkelijke bewoners, de Siculiërs in het midden en de Elymiërs in het westen, raakten belangrijke landbouwgronden en natuurlijke havens kwijt en trokken zich terug naar het binnenland. Soms kwamen zij, zonder blijvend succes evenwel, in opstand tegen de nieuwkomers. Heel wat inheemsen werden slaven of horige pachter van Griekse of Phoenicische meesters. De migratie vanuit Griekenland naar Sicilië ging met tussenpozen door tot in de vierde eeuw v.Chr. Grieken op Sicilië hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan de Griekse wijsbegeerte, wetenschap (Archimedes), kunst en architectuur. Er zijn talrijke redelijk bewaarde Griekse tempels.



**Links:** De telamon uit de tempel van Agrigento.

**Beneden:** De ruïnes van de tempel van Agrigento.

**Rechts:** Mozaïken van de Villa Casale bij Piazza Armerina.

Aanvankelijk hebben de Grieken op Sicilië sterk geprofiteerd van de Phoenicische aanwezigheid; Carthago werd afzetgebied voor hun agrarische overschotten.

Na 500 v.Chr. komen in verschillende plaatsen de z.g. tirannen aan het bewind, machtige alleenheersers die hun gebieden tot grote bloei wisten te brengen. Vaak voerden zij onderling strijd, maar ook tegen Carthago en Grieken uit het moederland werd hevig gevochten. Bekende tirannen zijn: Gelon (491-476), Dionysios I (405-367) en Timoleon (344-338).

**I**n de derde eeuw v.Chr. betraden de Romeinse legioenen voor het eerst Sicilië. In 264 v.Chr. brak een oorlog tussen Carthago en Rome uit (de eerste Punische oorlog). Talrijke Grieken







ken kozen de kant van Rome. In 241 v.Chr. werden de Carthagers uit het door hen beheerste westelijk deel van Sicilië verdreven. Hun gebied werd de eerste Romeinse provincie. Met de verovering van Siracusa, dat deels aan de Griekse, deels aan de Romeinse kant stond, door de Romeinse consul Marcellus in 212 v.Chr. kwam geheel Sicilië in de macht van Rome.

Het eiland werd weldra een korenschuur voor het snel groeiende Rome. De Siciliaanse overschotten werden in toenemende mate geteeld op grote landgoederen, bewerkt door slavenbrigades onder toezicht van Griekse meesters, die met de Romeinse stadhouders samenwerkten. Deze rijke Grieken hadden zitting in de stadsraden, die de steden en het omliggende platteland bestuurden. Soms kwamen de slaven in opstand, onder leiding van charismatische, messiasachtige figuren, zoals b.v. in 135 v.Chr. te Enna onder leiding van Euno.

In de Romeinse keizertijd (27 v.Chr. - 476 n.Chr.) kregen steeds meer Romeinen bezit op Sicilië en vestigden zich migran-

ten uit Italië op het eiland. Villa's getuigen van de grote landbouwbedrijven die er ooit geweest zijn. Van deze villa's is die van Casale, bij Piazza Armerina, de grootste en meest bekende. Het complex dateert uit de eerste helft van de vierde eeuw n.Chr. en is vooral beroemd om zijn vloermozaïeken. In de Romeinse tijd zijn de cultuurverschillen tussen oorspronkelijke bewoners, Grieken en Romeinen door een proces van assimilatie verminderd. Sicilië werd een Grieks-talig gebied, met sterke invloeden vanuit Italië. Het Latijn werd er verstaan. Veel oude cultuurverschillen raakten ook op de achtergrond door de opmars van het christendom, dat reeds in de eerste eeuw van onze jaartelling op het eiland zijn intrede deed en in de vierde eeuw de heersende godsdienst werd. Tempels werden verwoest of omgebouwd tot kerken (b.v. de Dom van Siracusa, waar de antieke zuilen bewaard gebleven zijn). Ook de bestaande sociale verschillen zijn begonnen geleidelijk te veranderen: de slavernij ging achteruit, terwijl het aantal pachters (of halfpachters) toenam. In de eerste helft van de vierde

eeuw werden de pachters en vrije boeren aan de grond gebonden; men moest zeker zijn van hun arbeid en de daarop berustende belastingen.

In 476 n.Chr. nam de Germaanse huurlingengeneraal Odoacer de macht over van de laatste Romeinse keizer. Zijn rijk kwam echter al snel ten val; in de eerste helft van de zesde eeuw viel de macht in Italië en op Sicilië toe aan de binnengevallen Oostgoten, een Germaans volk. Daarna, van 535 tot 827, waren de Oostromeinse of Byzantijnse keizers de baas. De hoofdstad was Siracusa. De christelijke kerk stond daardoor in die eeuwen sterk onder Griekse invloed, een invloed die ook na 827 heeft doorgewerkt in de kerkelijke kunst.

In 827 landden vanuit noord-Afrika de Arabieren (ook Saracenen genoemd) op Sicilië. Zij hebben het eiland in een halve eeuw geheel veroverd; zij maakten Palermo tot hun hoofdstad.

Na de stichting van het herzogdom Normandië door de Vikingen trokken vele, vooral jongere, zonen uit adellijke geslachten, die in eigen land geen emplooi meer vonden, naar Italië, vaak daartoe uitgenodigd door de Paus. Tot hen behoorden de beide broers Roger en Robert Guiscard. In 1061 landden zij bij Messina; vandaaruit veroverde Roger geheel Sicilië, daarmee een einde makend aan de Arabische overheersing (1072). Roger I is bekend om zijn grote tolerantie ten opzichte van de verschillende godsdiensten; hij nam daarom geen deel aan de kruistochten. In 1130 wordt zijn zoon Roger II (Ruggiero) tot koning gekroond. Onder hem en zijn opvolgers worden verschillende kerken en paleizen gebouwd, waarvan er enkele nu vooral beroemd zijn om hun mozaïeken.

Door vererving via de vrouwelijke lijn komen in 1194 de Hohenstaufen aan de macht. Roemrijk is de





regering van Frederik II (1197-1250) bijgenaamd de 'Stupor Mundi'. Op zijn dood volgt een chaotische tijd. Kort slechts (1266-1282) regeerden de Anjou's niet alleen over Napels maar ook over Sicilië. Een opstand in 1282, bekend als de Siciliaanse Vespers maakte een eind aan hun gehate bewind. Nu kwam het Spaanse Huis Aragon aan de macht en na de vereniging van Aragon met Castilië in 1479 werd Sicilië deel van het Spaanse koninkrijk, samen met Napels bestuurd door Spaanse onderkoningen. Tot 1713 wordt Sicilië behandeld als Spaans win- gewest.

De overheid werd voor de bewoners een verre, vreemde macht, die niet geheel te vertrouwen was. De organisaties waarop men terugviel, waren de familie (in ruimere zin), de achterban van een lokale magnaat en de geestelijkheid.

**S**icilië werd een land van plaatselijke potentaten/grootgrondbezitters, die elkaar vaak hevig bestreden en beconcurrerden. De boeren bleven als voorheen grotendeels afhankelijkke pachters. Van 1713 tot 1860 valt Sicilië achtereenvolgens onder het Huis Savoia, onder de Habsburgers en tenslotte – met

een korte onderbreking tijdens Napoleon – onder de Bourbons. Deze laatsten regeerden met harde hand, hetgeen veel verzet opriep. Succesvol verliep dan ook de landing van de vrijheidsstrijder G. Garibaldi met zijn ca. 1200 Roodhemden in 1860 bij Marsala; in 1861 volgde de aansluiting van Sicilië bij het koninkrijk Italië. De geringe belangstelling echter uit het noorden voor de problemen van de Sicilianen doofde al snel het enthousiasme voor die eenwording. Velen hebben in de beide wereldoorlogen en tijdens de koloniale avonturen in Noord-Afrika en Abessynië hun leven verloren, zonder zich echt bij de zaak betrokken te voelen.

Zwaar heeft Sicilië geleden onder de bombardementen tijdens de landingen van de geallieerden in juli 1943.

In 1946 wordt Italië republiek en krijgt Sicilië een grote autonomie. De economie blijft een zwak punt ook al heeft de in 1950 opgerichte Cassa per il Mezzogiorno veel bijgedragen tot verbetering van de levensomstandigheden. Gedreven door armoede zijn vele Sicilianen geëmigreerd naar o.a. Noord-Amerika. Zij namen hun 'Cosa nostra' (Onze zaak) mee maar brachten die ook mee terug bij de invasie van de Amerikanen toen velen van hen als gidsen en verspieters dienden.



## Het Reisprogramma

**D**eze reis wordt aangeboden als cultuurreis. Toch valt er voor natuurliefhebbers ook veel te genieten. Voor liefhebbers van markten zijn vooral de door en door Siciliaanse, pittoreske centra van Sciacca en Caltagirone van belang. In Taormina vindt men een moderne luxueuze badplaats.

### Eerste dag

In de middag Alitaliavluchten vanaf Amsterdam of Brussel via Rome naar Palermo. Transfer; bagage-afhandeling; diner en overnachting in Palermo.

### Tweede dag

Palermo, met onder andere een bezoek aan de kathedraal en de kerken Martorana, S. Cataldo en S. Giovanni degli Eremiti, het Palazzo dei Normanni met de Capella Palatina (beroemd om haar mozaïken) en het archeologisch museum. Diner en overnachting in Palermo; lunch in het hotel.



Linksboven: Voorkant van de antieke Griekse tempel te Segesta.

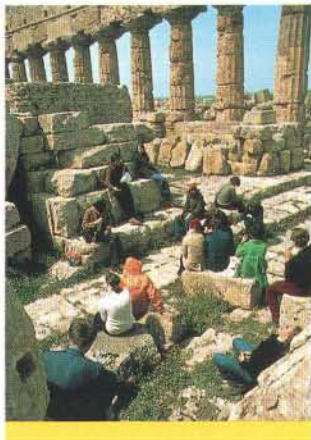
Links: Artisjokken behoren tot de inheemse vegetatie op Sicilië.

Rechtsboven: Picknick in één van de antieke Griekse tempels te Selinunte.



**Derde dag**

Bezoeken aan Monreale en Segesta; wij besteden veel aandacht aan de opgravingen van Selinunte. Lunchpakketten voor onderweg. Kort oponthoud in Sciacca. In de namiddag aankomst in Agrigento, waar we dineren en overnachten.

**Vierde dag**

Stadswandeling in Agrigento. Daarna bezoek aan het archeologisch museum en aan de tempelruïnes. Lunchpakketten voor onderweg. In de middag via Enna naar Piazza Armerina, waar we dineren en overnachten.

**Vijfde dag**

In de ochtend bezoek aan de Villa Casale met haar beroemde mozaïken. Vandaar via Caltagirone naar Siracusa met zo mogelijk onderweg bezoek aan het fort Euryalos. Tegen de avond aankomst in Siracusa, waar we dineren en overnachten.

**Zesde dag**

De gehele dag in Siracusa. Bezoek aan het schiereiland Ortigia, met de dom, de bron van Arethusa en de tempel van Apollo. Bezoek aan het nieuwe archeologisch museum, het Romeinse amfitheater en het Griekse theater. Lunch, diner en overnachting in het hotel.

**Zevende dag**

Bezoek aan Lentini en vandaar naar Taormina. Lunch in het hotel. De middag vrij. In de namiddag mogelijkheid tot bezoek aan het antieke theater. Diner en overnachting in Taormina.

**Achtste dag**

Vroeg vertrek naar Catania met zo mogelijk een kort bezoek aan de oudste stad. Middagvlucht via Rome met Alitalia naar Amsterdam of Brussel.

**De kosten**

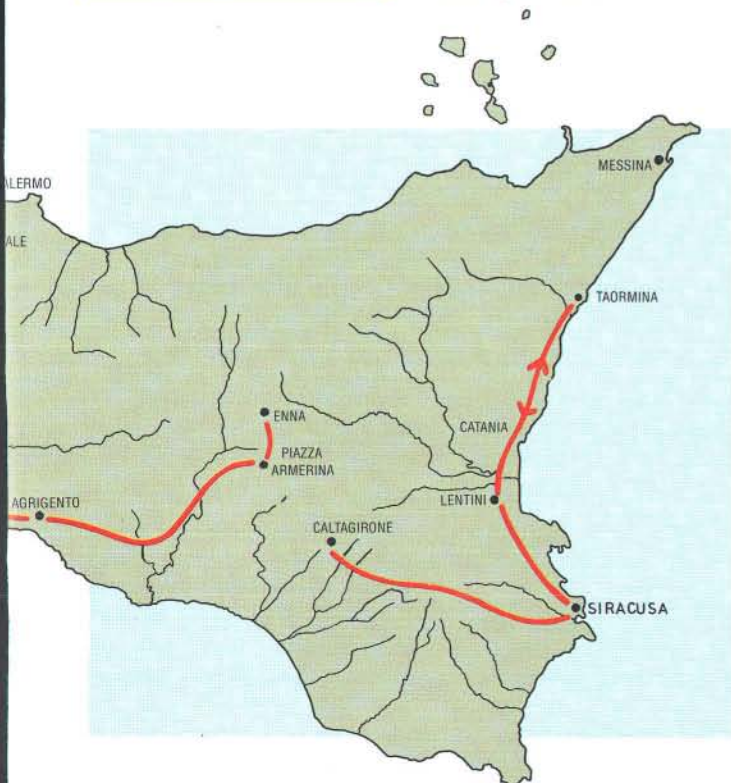
Reissom per persoon f 2465,-; toeslag éénpersoonskamer; f 365,-. In de reissom zijn inbegrepen: heen en terugvlucht Amsterdam-Sicilië, luchthavenrechten; verblijf in eerste klasse hotels; alle maaltijden; bagageafhandeling op de luchthavens en in de hotels; alle transfers; begeleiding door de speciale reisbegeleider; alle toegangsbewijzen voor musea, monumenten e.d. in het programma vermeld. Niet inbegrepen: alle mogelijke verzekeringen; uitgaven van persoonlijke aard, drankjes, fooien.

**Aanmelding**

Geïnteresseerden voor deze reis kunnen zich rechtstreeks opgeven bij NATUUR & TECHNIEK met behulp van de inschrijfkkaart in dit nummer. De inschrijving wordt pas definitief door overmaking van f 250,- op girorekening 10622000 t.n.v. Natuur & Techniek te Maastricht, onder vermelding van 'Sicilië-reis', met vermelding van gewenste reisdatum. De inschrijftermijn sluit op 15 juli 1989. U ontvangt de uitgebreide Sicilië brochure.

**Kennismakingsbijeenkomst**

Enige tijd vóór de reis begint is er een kennismakingsbijeenkomst. U kunt dan Uw medereizigers ontmoeten en degenen die Uw reis begeleiden. Medewerkers van het reisbureau zijn aanwezig om Uw vragen te beantwoorden. U ontvangt tijdig een uitnodiging.



# Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

## Ouderschap

De ontwikkeling van de biowetenschappen en veranderingen in gedrag patronen hebben de mogelijkheden van het ouderschap verruimd, zoals *in vitro* bevruchting (reageerbuis-baby's), kunstmatige inseminatie en adoptie. Overheden hebben soms de neiging de bevolkingsaanwas te beïnvloeden.

### Een greep uit de inhoud:

**Kinderwens en medische techniek**  
G.H. Zeilmaker

**Gezinsvorming**  
H.J. Heeren

**Adoptie van kinderen in nood**  
R.A.C. Hoksbergen

**Ouderschap in juridische zin**  
M.W. Rood-de Boer

**Bevolkingspolitiek**  
N. van Nimwegen



Het cahier OUDERSCHAP kan besteld worden bij Natuur en Techniek - Informatiecentrum - Postbus 415, 6200 AK Maastricht, tel. 043-254044, vanuit België: 00-3143254044. Het kost f 7,50 (145 F).

### AUTEURS

**Ir E.E. Brand** ('Cosmetica') is op 21 april 1951 in Łódź (Polen) geboren. Zij studeerde civiele techniek aan de Polytechnische Hogeschool in haar geboorteplaats. Aanvankelijk werkte ze aan textielengineering, maar sinds 1984 houdt zij zich met de cosmetologie bezig. Ze werkt momenteel als zelfstandig gevestigd consultant.

**Dr ir H.M. Brand** ('Cosmetica') is geboren in Gouda op 30 april 1953. Hij studeerde chemische technologie aan de TU Delft, waar hij ook een aantal jaren wetenschappelijk medewerker was. Momenteel werkt hij bij Unichema in Gouda. Hij promoveerde in 1988 in Delft.

**Drs G. Kiers** ('Supernova') is geboren op 24 mei 1956 in Meppel. Hij studeerde natuurkunde en sterrenkunde aan de Rijksuniversiteit Groningen en werkte nadien bij het Laboratorium voor Ruimte-onderzoek te Leiden aan de bouw van een gammatelescoop. Sinds 1986 is hij werkzaam bij uitgeverij Reidel in Dordrecht.

**Prof dr F. Sachs** ('Het gevoel') doceert biofysica aan de State University of New York in de stad Buffalo. Daar houdt hij zich vooral bezig met onderzoek naar de structuur en elektrische eigenschappen van ionkanalen.

**Dr W.J.P. van Enkevort** ('Diamant') is op 16 april 1952 in Blerick-Venlo geboren. Hij studeerde scheikunde aan de Katholieke Universiteit te Nijmegen en was daar wetenschappelijk medewerker van de afdeling vaste-stofchemie. Hij promoveerde in 1982. Sinds 1986 is hij werkzaam bij Drukker-diamonds in Cuyk.

**Prof dr W. Van Cotte** ('Woestijn') is in Den Dreeuw geboren op 1 juli 1934. Hij studeerde plantkunde aan de Rijksuniversiteit te Gent van 1952 tot 1958. Hij promoveerde er in 1969. Momenteel is hij hoogleraar morfologie, systematiek en ecologie van planten.

**Prof dr F.P. Nijkamp** ('Aspirine') is geboren op 21 augustus 1947 in Hillegersberg. Hij studeerde biologie aan de Rijksuniversiteit te Utrecht, waarna hij in dienst trad van het Rudolf Magnusinstituut voor Farmacologie aldaar. Sinds 1983 is hij hoogleraar farmacologie bij de Utrechtse faculteit diergeneeskunde.



# Probleemoplossing

---

In onze wereld bestaat een oneindig aantal 'problemen' in een onvoorstelbaar aantal variaties. Een probleem is daarbij eenvoudig iets wat je anders zou wensen dan het is: hoofdpijn, de remweg van een auto, het energiegebruik van een stofzuiger, het bestaan van oorlogen, honger in Afrika, de dreigende ondergang van Venetië, een ongemakkelijke verhouding met je ouders, de teint van je huid. Velen zullen de neiging hebben het ene probleem ernstiger te vinden dan het andere – wat overigens niet noodzakelijk in de feitelijke manier van bestaan tot uitdrukking behoeft te komen.

Daarnaar gevraagd zullen weinig mensen de honger in Afrika eenzelfde gewicht toekennen als de teint van de huid, wat overigens nog niet betekent dat ze ook aan de verandering van de eerstgenoemde situatie meer geld zullen uitgeven dan aan de tweede.

De wetenschap kan worden gebruikt bij het vinden van oplossingen voor vele (niet alle!) problemen. Daarbij wijkt de nadruk in de wetenschap niet echt af van de werkelijke aandacht die de bevolking aan de verschillende problemen geeft. Dat komt tot uiting als we in dit nummer de artikelen bezien van W. van Cotthem over een techniek voor bestrijding van ontbossing in Afrika (pag. 134), en van E.E. en H.M. Brand over de chemie van cosmetica (pag. 86).

Het eerste wat opvalt is het verschil in kennisniveau. Van cosmetica is misschien niet alles, maar wel ontzettend veel bekend, zowel over de toepassing als over de chemie. Bij de bestrijding van ontbossing wordt weliswaar gebruik gemaakt van een aantal nieuwe produkten, maar of het allemaal in de praktijk ook zal werken, hoe de verschillende omstandigheden op het gebruik van die produkten zullen uitwerken, staat nog helemaal te bezien.

Nu is het natuurlijk zo, dat mensen zich vermoedelijk al hebben mooigemaakt sinds er mensen zijn. Misschien is het gebruik van versieringen wel evenzeer met het menszijn verbonden als het gebruik van werktuigen. Weliswaar is de actieve ontbossing vermoedelijk ongeveer even oud, maar eerst sinds heel kort wordt ontbossing als een serieus probleem gezien. En als we eerlijk zijn zullen we moeten toegeven dat weinigen van ons zich echt meer zorgen maken om het verdwijnen van een hectare bos dan over het verschijnen van een jeugdpuistje of rimpels. Of dat een verstandige prioriteit is, is een tweede.

En dat heeft ook zijn weerslag in de wetenschapsbeoefening. Er is gewoon veel meer geld beschikbaar voor onderzoek op het gebied van cosmetica dan voor bestrijding van de ontbossing. Dat heeft ook maatschappelijk effect. Zonder twijfel als gevolg van veel facetten van de algemene welvaart, maar zeker als deel daarvan door een effectiever gebruik van cosmetica, zijn er mooiere (en daardoor minder onzekere en kwetsbare?) mensen gekomen.

De ontbossing gaat intussen in hoog tempo door. We mogen hopen dat de door Van Cotthem beschreven methode inderdaad effectief is, maar het probleem is zo gecompliceerd, dat we er vrijwel zeker van moeten zijn dat er niet één eenvoudige oplossing voor is.

Cleopatra verleide de  
naar de Romeinse keizers-  
kroon strevende Marcus  
Antonius in een kamer die  
tot kniehoopte was gevuld  
met rozeblaadjes. Of die  
behoefte aan overweldi-  
gende geur ook iets met  
de veelgeroemde vorm  
van Cleopatra's neus te  
maken had, vermeldt het  
apocriefe verhaal niet.  
Wel raakte Marcus Anto-  
nius geheel in de ban van  
Cleopatra.

Nog steeds zijn rozeblaad-  
jes een grondstof voor par-  
fums en bij de oogst raakt  
een ruimte nog wel eens  
tot kniehoopte gevuld met  
de geplukte rozeblaren.  
De loop van de wereldge-  
schiedenis wordt er echter  
niet meer merkbaar door  
beïnvloed.







# Wetenschap van schoonheid

# Cosmetica

*De huid is het grootste orgaan van ons lichaam en speelt een belangrijke rol bij tal van lichaamsfuncties. De verzorging en decoratie ervan krijgt al sinds mensenheugenis veel aandacht.*

*De cosmetische industrie ontwikkelde zich daardoor tot een meer dan volwaardige bedrijfstak met een geheel eigen gezicht.*

*Door de snelle ontwikkeling van de chemie in de laatste honderd jaar is een breed scala aan grondstoffen beschikbaar gekomen. Cosmetische producten zijn nu ook voor mensen met een kleine beurs bereikbaar.*

*Toch omhult de cosmetische industrie haar producten nog graag met een waas van mystiek en wekt de schijn zich bezig te houden met wetenschappelijke alchemie.*

*Cosmetische producten, wat ze chemisch gezien wel, en wat ze niet doen, zijn het onderwerp van dit artikel.*

**E.E. Brand**  
**H.M. Brand**

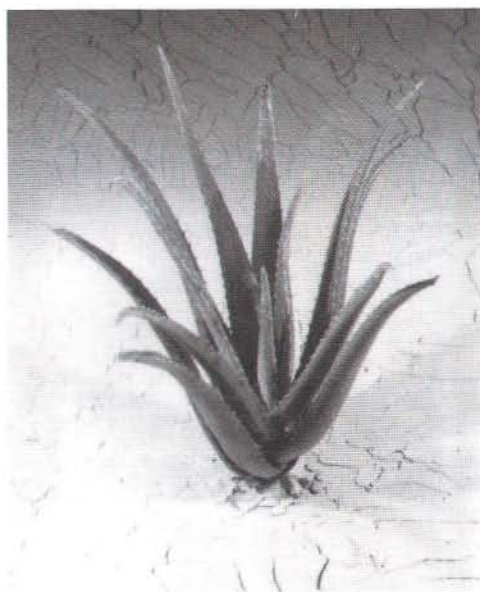
*Nieuwerkerk aan den IJssel*

In de oudheid, laten we zeggen vóór de Griekse tijd, waren het vooral de priesters die cosmetische produkten toepasten, en wel om de goden te behagen. De priesters brandden wierook en gebruikten aromatische oliën. De doden werden gebalsemd voor ze op reis gingen door het dodenrijk. Het staat wel vast dat de priesters een diepgaande kennis bezaten over de werking van kruiden en de bereiding van plantaardige extracten. Ze verzorgden overigens niet alleen de contacten met de goden, maar waakten ook over het lichamelijk welzijn en hadden dank zij hun kennis van de astrologie meestal politieke invloed.

In de Hellenistische periode is het Hippocrates, geboren in 460 voor Christus en de grondlegger van de geneeskunde, die de cosmetica loskoppelt van rituele gebruiken. We zien dan dat preparaten gelijktijdig als cosmetica en geneesmiddel worden gebruikt. De eerste dermatologische studies zijn van Hippocrates afkomstig; hij legde het verband tussen gebalanceerde voeding, beweging, zonlicht, massage en reinheid als hulpmiddelen voor het verkrijgen en instandhouden van een goede gezondheid. Het gebruik van cosmetica werd allengs gemeengoed. Veel oliën, reukstoffen, plantenextracten en mineralen werden in die tijd voor het eerst toegepast.

Door de bezetting van Alexandrië door Julius Caesar kwamen de Egyptische bibliotheken in Romeins bezit. Dit luidde een grote bloeiperiode in voor de cosmetica, die in kwalitatieve zin niet meer is overtroffen. Niet voor niets heet koningin Cleopatra de patrones van de schoonheid. Rijke Romeinen hadden hun privé beauty-salon onder leiding van de *ornatrix*, een oudere vrouw, die een aantal jonge slaven (*cosmatae*) onder haar hoede had.

De Romeinen kenden al decoratieve cosmetica, produkten voor huidverzorging en ook parfums. Aan het einde van de glorieperiode van het Romeinse Imperium moest het zijn positie afstaan aan het Byzantijnse Rijk met Constantinopel als hoofdstad. Daar waren parfums belangrijker dan andere cosmetica, vooral door Arabische, Chinese en Indische invloeden. Mirre, sandelhout, kamfer, muskus en rozenolie werden gebruikt voor het formuleren van parfums. Er vonden oorlogen plaats om saffraan en amber. Men zond handelsexpedities uit voor het vergaren van grondstoffen voor cosmetica.



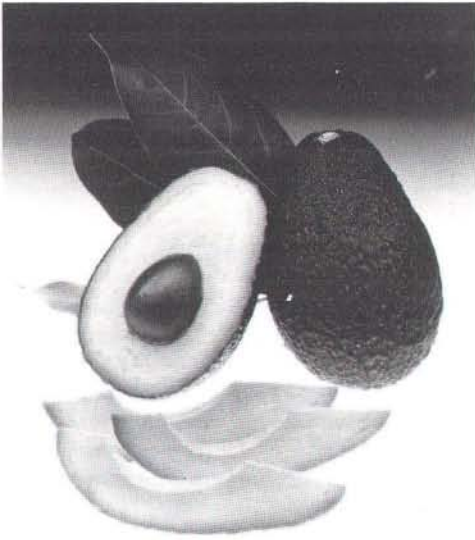
1

Door de expansie van het Arabische rijk tot in Spanje kwam de kennis van de cosmetica in West-Europa terecht. Pas na de Franse Revolutie ontstond de gewoonte deze kennis ook te gebruiken. Tot die tijd werd cosmetica in West-Europa voornamelijk toegepast door de geneesheren; dit had tot gevolg, dat er ook een markt was voor charlatans en kermisklanten, die met een gerust geweten wagensmeer-met-heilzame-werking aanprezen.

Halverwege de vorige eeuw, na de industriële revolutie en de daarmee gepaard gaande bewustwording van de mens, ontwikkelde de cosmetica zich tot wat ze nu is. De opkomende chemische industrie was in staat steeds meer natuurlijke cosmetische grondstoffen te vervangen door synthetische. Slechts enkele natuurlijke produkten konden zich handhaven, omdat de chemie niet in staat was ze op een adequate wijze te vervangen. Bijenwas is daar een mooi voorbeeld van. Soms worden natuurlijke produkten langs chemische weg geoptimaliseerd: lanoline (wolvet), dat vanwege zijn geur en textuur nauwelijks bruikbaar is, is in verschillende gefunctionaliseerde vormen in gebruik, waarbij de bewezen goede eigenschappen zijn bewaard.

Ondanks het feit dat sommige mensen bedenkingen hebben tegen het gebruik van syn-





2

thetische stoffen, is het in vele gevallen een uitkomst. Voor de wasachtige, vette substantie uit de voorhoofdsholte van de potvis, *spermaceti*, *walraat* of *walschot* genoemd, die onder andere werd gebruikt voor consistentieregeling van emulsies, is een goede en goedkopere synthetische vervanger voorhanden. De potvis hoeft dus om cosmetische redenen niet meer te worden bejaagd.

Het laatste decennium zit er overigens een duidelijke terug-naar-de-natuur-trend in de cosmetica. Die heeft geleid tot een intensivering van het gebruik van natuurlijke oliën, zoals avocado- en sesamolie, en het opzetten van nieuwe cultures van olie- en wasleverende planten (jojoba-olie, shea-boter). Terug-naar-de-natuur heeft echter ook minder aantrekkelijke kanten: nu wordt de walvishaai intensief bejaagd voor het verkrijgen van squaleen, een triterpenoïde koolwaterstof die wordt gewonnen uit de lever van dit 15 meter lange dier, waarvan de lever ongeveer 30% van het totale lichaamsgewicht uitmaakt. Na hydrogeneren van squaleen ontstaat squalaan, dat wordt gebruikt als natuurlijk alternatief voor paraffine-olie. Overbevissing van dit vreedzame dier, dat zich met plankton voedt, zal leiden tot het uitsterven ervan, en dat is, met cosmetica als doel, nooit te rechtvaardigen.

1 en 2. Anderhalve eeuw geleden kwamen alle grondstoffen voor cosmetica van natuurlijke producten. De chemische industrie biedt sindsdien steeds meer synthetische alternatieven, maar tegenwoordig

is er een duidelijke tendens om weer tot natuurlijke grondstoffen terug te keren. Uit Aloe Vera (1) wint men een stof die de vochtbalans reguleert. Uit de avocado (2) wint men hoogwaardige olie.

TABEL 1 De karakteristieke geur van enige rechtketenige aldehyden

Naam	Geur
Decanal (C10)	Rozen, jasmijn
Dodecanal (C12)	Viooltjes
Tetradecanal (C14)	Iris
Hexadecanal (C16)	Aardbeien
Octadecanal (C18)	Kokosnoot
Eicosanal (C20)	Bosbessen

## Parfums

Oorspronkelijk werden parfums gemaakt, *geformuleerd* zeggen de vakmensen, op basis van plantaardige etherische oliën. Ze ontleen hun geur aan een grote diversiteit van erin aanwezige *terpenen*, molekulen die zijn opgebouwd uit eenheden isopreen (2-methyl-1,3-butadien), die vrijwel altijd kop-staart aan elkaar zijn verbonden. Monoterpenen bevatten twee isopreeneenheden, sesquiterpenen drie, diterpenen vier, triterpenen zes en zo doortellend. Squalen is overigens een triterpeen. Natuurrubber is ook een terpeen, maar dan met een polymere structuur. Voor de parfumindustrie zijn vooral de mono-, sesqui- en diterpenen van belang, die dan meestal voorzien zijn van allerlei substituenten als hydroxyl-, carbonyl- en estergroepen, terwijl ook variatie van dubbele bindingen erg belangrijk is voor de eigenschappen als geurstof. De naam van een natuurlijk terpeen zegt vaak al veel over de geur: geraniol, citronellol en jasmone behoeven nauwelijks toelichting. Terpenen wint men op verschillende manieren. Extractie, persen, stoomdestillatie of adsorptie in gezuiverde oliën (*enfleurage*) zijn belangrijk.

Vroeger was het erg moeilijk de plantaardige etherische oliën in de componenten te schei-



3. Kokosolie is een belangrijke grondstof voor veel cosmetische producten. In 1987 werd wereldwijd ongeveer  $3 \cdot 10^6$  ton van deze hernieuwbare grondstof geproduceert.



3

den en te bepalen welke stoffen precies aan de geur bijdroegen. De combinatie van gaschromatografie en massaspectroscopie die momenteel in de chemische analyse veel wordt gebruikt, heeft ook voor de parfumeur veel betekend. Het is nu mogelijk de moleculaire structuur van de geurbepalende componenten te achterhalen en ze daarna door chemische synthese in grote hoeveelheden beschikbaar te krijgen.

Naast de etherische oliën en terpenen wordt ook nog een aantal synthetische producten gebruikt, die een relatief hoge vluchtigheid en karakteristieke geur hebben: esters, aldehyden, ketonen, sommige aromatische nitroverbindingen (vaak muskusachtige geuren), onverzadigde verbindingen en soms ook aminen. Een voorbeeld uit de laatste groep is skatol, dat aan faeces zijn karakteristieke geur geeft en in zeer lage concentratie in veel parfumformuleringen wordt toegepast.

Niet meer dan 15% van de grondstoffen is thans nog van natuurlijke oorsprong. Dat veel parfumgrondstoffen synthetisch van aard zijn, betekent niet dat natuurlijke producten niet worden gewaardeerd. De beschikbaarheid, de vraag, de prijs, de diversificatie van geuren en de concurrentie hebben ertoe geleid, dat het palet van geuren moest worden uitgebreid. De

TABEL 2 Enige synthetische reuk- en smaakstoffen

Naam	Geur
Broomstyreen	Hyacinth
Naftylethylether	Sinaasappelbloesem
Decylacetaat	Perzik, abrikoos
Octylmethylketon	Appels
Phenylethylsalicylaat	Rozen
p-Tolylaldehyde	Peper, bittere amandelen
Methylsalicylaat	Wintergroen
Dibutylsulfide	Grasachtig
Isoamylbutyraat	Ananas
Phenylglycolacetaat	Gardenia
Diphenylmethaan	Geranium

4



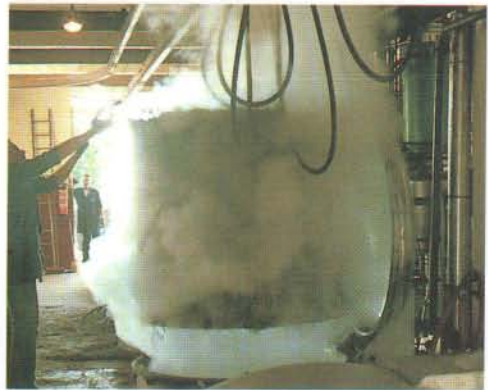


4, 5 en 6. Lavendel is een beroemd produkt uit de Franse Provence. Uit de geogste bloemen (4, 5) worden met stoomdestillatie etherische oliën gewonnen die bruikbaar zijn in

zeep en parfums. De tijdgeest is de lavendelgeur momenteel overigens niet gunstig gezind. Hij wordt saai gevonden en geassocieerd met oma's linnenkast.



5



6

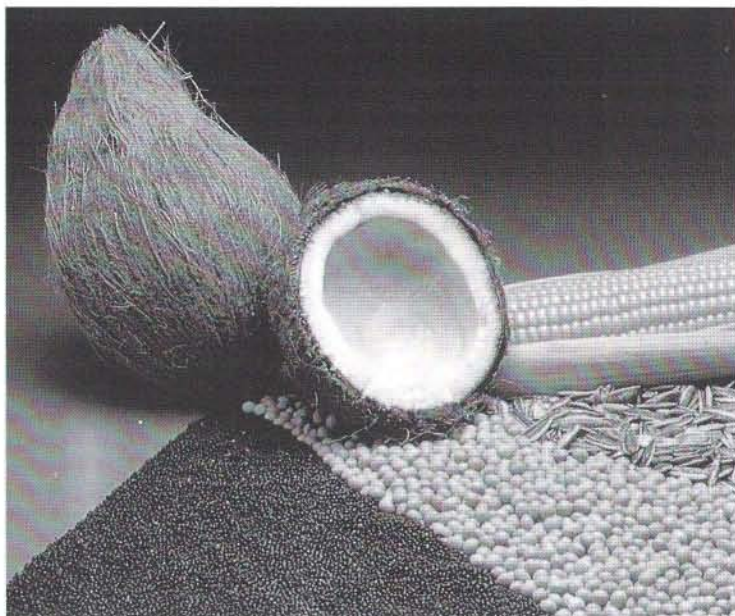


grote parfums, die de tand des tijds hebben doorstaan (Chanel No.5, Shalimar, L'Air du Temps bijvoorbeeld) zijn overigens vaak wel geformuleerd op basis van natuurlijke producten, en ontleen hun succes ongetwijfeld aan het gegeven, dat een natuurlijk produkt geurtonen bezit, die langs synthetische weg niet zijn na te bootsen.

Het formuleren van parfums en andere geuren voor cosmetica is eigenlijk niets anders dan het mengen van verschillende reukstoffen. Daarvoor kan de parfumeur over vele duizenden verbindingen beschikken. De parfumeur moet uiteraard een bijzondere gevoeligheid voor geur hebben, iets wat slechts weinigen gegeven is.

Parfums bestaan niet uitsluitend uit geurstoffen. Andere belangrijke bestanddelen zijn de *fixateurs*, langzaam verdampende oliën die voorkomen dat een opgebrachte parfum snel zijn geurkracht verliest. Patchouli-olie, sandelhoutolie of vetiverolie worden veel als fixateur gebruikt, maar ook harsen of balsems vinden wel toepassing. De fixateurs hebben vaak ook een exalterende, in vervoering brengende werking. Vooral amber, een intestinaal afscheidingsprodukt van de potvis, dat op stranden wordt gevonden, wordt om deze reden zeer gewaardeerd.

7. Lijnzaad, maïs, kokosnoten, sojabonen en zonnebloemzaden kennen we bijna allemaal ook als voedingsmiddelen. De laatste vier in het genoemde rijtje zijn echter evenzeer belangrijk als grondstof voor cosmetica.olie uit lijnzaad is eigenlijk alleen nog in gebruik, in geëpoxydeerde vorm, als weekmaker in PVC.



7

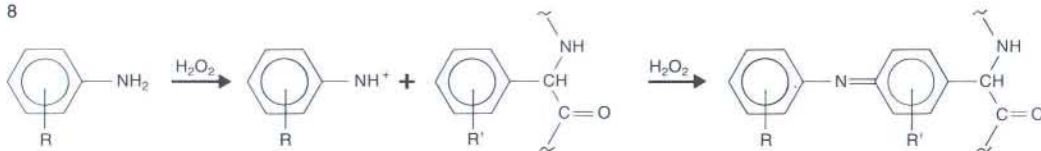
### Decoratieve cosmetica

Decoratieve cosmetica geven kleur aan huid, haar of nagels. De kleurstoffen zijn dus de belangrijkste ingrediënten van decoratieve cosmetica en moeten aan bijzonder hoge eisen voldoen. Dit is naar analogie met kleurstoffen die in levensmiddelen worden gebruikt. Momenteel zijn voor gebruik in levensmiddelen dertien wateroplosbare synthetische organische kleurstoffen toegestaan. Meestal gebruiken cosmeticafabrikanten die stoffen als pigment, het onoplosbare Mg-, Ba- of Al-zout van de kleurstof. Daarnaast zijn in cosmetica nog andere kleurstoffen toegestaan, die niet in levensmiddelen mogen worden toegepast. Natuurlijk voorkomende kleurstoffen (anthocyaninen, carotenoiden, chlorofyl, betaïnen) kunnen vrijelijk en meestal zonder limiet worden toegepast. Voor de cosmetoloog zijn ook an-

organische pigmenten belangrijk zoals ijzer-oxyden en -hydroxyden, die in kleur kunnen variëren van geel tot vrijwel zwart, mangaanzouten (violet), silicaten (ultramarijn), koolstof (zwart), titaandioxyde (wit), metaalpoeders (Al, Ag en Au) en bismutoxychloride (BiOCl), dat voor het verkrijgen van een parelmoereffect wordt gebruikt. Voor dat laatste effect gebruikte men vroeger de schubben van de zoetwatervissen brasem en karper.

Pigmenten kunnen niet direct op de huid worden aangebracht, maar moeten in een matrix worden opgeborgen die overeenkomst vertoont met de huid. Belangrijk is uiteraard dat een decoratief cosmeticum goed op de huid moet hechten en als een regelmatige film op de huid moet kunnen worden aangebracht. Uiteraard moet het produkt ook weer eenvoudig te verwijderen zijn. De fabrikant omhult het pigment meestal eerst met een laagje paraffine of

8





oleylalcohol; vervolgens wordt het gecoat pigment waterdispergeerbaar gemaakt met een emulgator. Het dan verkregen mengsel heeft meestal voldoende volume voor toepassing, maar er zijn meestal nog hulpverbindingen benodigd voor een aantal secundaire producteigenschappen. Met name de glans, de consistentie (bij lipsticks en vloeibare make-up), de afbloeding ten gevolge van water (*tearproof*), het lamineergedrag (hoe gemakkelijk laat het zich in een laagje aanbrengen?) en gedrag bij fluctuaties in temperatuur en vochtigheid vereisen meestal nog aanpassingen. Stoffen die veel worden gebruikt voor het instellen van deze producteigenschappen zijn mica, kaolien (pottebakkersklei), natuurlijk voorkomende mengsels van di- en triglyceriden (Japanwas, cacao-, shea- en Mangaloreboter), bijenwas en harde wassen als carnauba- en candelillawas.

Voor het formuleren van nagellak, eigenlijk het enige decoratieve cosmeticum dat niet op het hoofd wordt gebruikt, is nog een extra eis aanwezig: de laag, die is aangebracht op de nagel moet mechanisch sterk zijn. Daartoe wordt het pigment gedispergeerd in een oplossing van een polymeer (meestal nitrocellulose of polymethylmethacrylaat) in een gemakkelijk verdampend oplosmiddel (amylacetaat of ethyleenglycolmethylether). Nadat het oplosmiddel is verdampt blijft een film van bijvoorbeeld polymethylmethacrylaat over, waarin de kleurstof in fijnverdeelde vorm aanwezig is. De filmlaag ontleent zijn sterkte en plasticiteit aan de lage glastemperatuur van het polymeer, en aan het feit dat het oplosmiddel, nadat de toplaag is gedroogd, maar zeer moeizaam naar het oppervlak kan diffunderen.

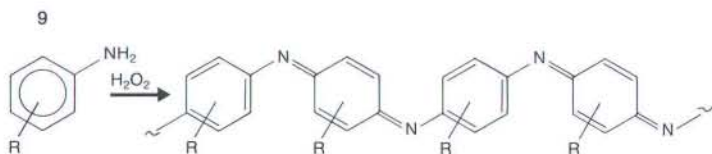
### Haarkleuring

Haar is opgebouwd uit eiwit en bevat dus aminozuren in een polyamidestructuur. Aan de talrijke sterk polaire amidegroepen kunnen wateroplosbare kleurstoffen binden. De kleurstof henna is een voorbeeld van zo'n kleurstof.

Ook in de zogenaamde kleurshampoo's zitten kleurstoffen die elektrostatisch binden. Deze kleurstoffen kunnen in hoge concentratie aan het haar worden gebonden, maar de kleuring is vanwege de relatief zwakke binding niet erg duurzaam. Kleurstoffen die chemisch aan haar binden blijven veel langer zitten. Er is ook een hele groep haarverven op basis van die tweede methode.

Uitgangsstof voor die chemische kleuring is aniline, de stof die ook aan de basis stond van de eerste chemische kleurstoffenindustrie die eind vorige eeuw in Duitsland tot ontwikkeling kwam. Een aniline met een gesubstitueerde groep aan de ring wordt tijdens de verfbeurt geoxydeerd; een waterstofperoxydeoplossing (0,5 tot 3%) zorgt voor de reactie. Het geoxydeerde aniline kan vervolgens met een aromatische ring condenseren waarbij de gekleurde chemische structuur ontstaat. De reactie kan verlopen met een ander anilinemolekuul, maar ook met de aromatische aminozuren in het haar. Tijdens de reactie worden polyanilines gevormd (afb. 8 en 9). Door een vast mengsel van verschillende gesubstitueerde anilines te gebruiken en de contacttijd met het haar te controleren, kan de haarkleur op reproduceerbare wijze aan de wensen van de klant worden aangepast. Ondanks de sterke binding van deze kleurstoffen is de stabiliteit gering door de hydrolyse en kleurdegradatie door licht.

Een ander nadeel van de gesubstitueerde anilines is hun giftigheid; ze staan te boek als bloedgiften. De toelatingsprocedures zijn daarom bijzonder streng. Om de risico's, verbonden aan het gebruik van anilines en waterstofperoxyde, zoveel mogelijk te beperken, is het voorstel gedaan voortaan polymere kleurstoffen te gebruiken. Die hebben een aantal uitgesproken voordelen. Ze binden in hoge concentratie, hebben een hoge kleurintensiteit, zijn niet giftig, wel stabiel en de kleuren zien er natuurlijk uit. Hun enige nadeel is voorlopig hun hoge prijs.



8 en 9. Aniline is de uitgangsstof voor haarkleurstoffen die chemisch aan haareiwitten worden gebonden. Kleurbepalend zijn benzeenring-stikstof-benzeenring bindingen waarbij grote geconjugeerde systemen ontstaan. Naast de gesubstitueerde groepen (R) zijn ook de lengten van de polymeren van belang voor de kleurnuances en -intensiteit (9).

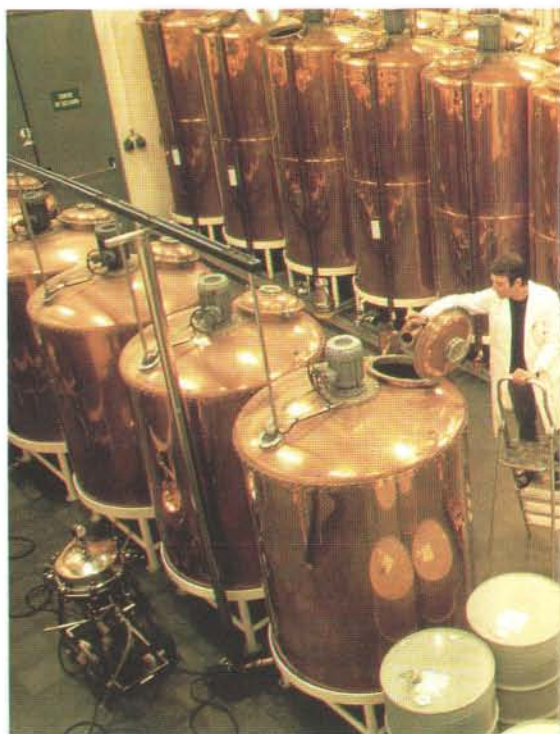


10. Bijen bouwen hun raten van bijenwas. De was is een onvervangbaar bestanddeel van veel cosmetische produkten.



10

11. Het instandhouden van oude bedrijfsinstallaties is voor cosmeticafabrikanten waarschijnlijk meer onderdeel van het 'image' dan economische of procesmatige noodzaak. De foto is genomen in de fabriek van Dior.



11

### Verzorgende cosmetica

Deze produkten worden aangewend voor reiniging, verzorging en bescherming van alles wat we tot het lichaamsoppervlak rekenen. Zeep, shampoo's, huidcrèmes, tandpasta's, deodoranten, intiemcosmetica, maar ook enkele insectenwerende middelen vallen binnen deze groep. Er is een enorm scala aan produkten op de markt, en het zou te ver voeren ze alle te behandelen. We beperken ons tot zeep, shampoo's en huidcrèmes.

#### *Zeep en shampoo's*

Emulgatoren (zie intermezzo) zijn oppervlaktespanningverlagende stoffen of *tensiden* die een sleutelrol spelen in alle reinigende cosmetica. Zij hebben effect omdat ze stoffen, die normaal niet in water oplossen, toch oplosbaar maken (*solubiliseren*). En bijna iedereen wast zich nu eenmaal met water. Omgekeerd zijn emulgatoren ook in staat water in olie te doen opnemen, wat weer van belang is bij reinigende crèmes. In toiletzeepen gebruikt men

vetzuren als emulgatoren, die men maakt uit plantaardige en dierlijke oliën en vetten. Dit zijn tri-esters van glycerol (1,2,3-trihydroxypropaan). Bij hydrolyse in aanwezigheid van natronloog, het zogenaamde *zeepzieden*, gaan de esterbindingen kapot en ontstaan glycerol en de natriumzouten van de vetzuren. Het stukje toiletzeep ontstaat na scheiding van de vetzuren van de rest van het reactiemengsel en na toevoeging van complexvormers voor metaalionen (Ca, Mg), ontsmetters (hexachloorfenen bijvoorbeeld), reukstoffen en wateroplosbare kleurstoffen. De meeste zeep bevatten ook vet: om te voorkomen dat de huid volledig wordt ontfet, stopt men verbindingen als lanoline, cetylalcohol of enigszins vette triglyceride-oliën (bijvoorbeeld trilaurine) in de zeep, doorgaans in een concentratie van maximaal 2%.

De voornaamste problemen bij de bereiding van hoogwaardige toiletzeep zijn de hinderlijke geur van de grondzeep en het scheuren van het zeepstukje wanneer het afwisselend nat en droog wordt. Deze factoren worden





vooral bepaald door de kwaliteit van de grondzeep, de verwerkingsmethode en de totale formulering van het eindproduct.

### Shampoo's

Voor de productie van shampoo's wordt het volledige scala van commercieel beschikbare tensiden gebruikt. Deze oppervlaktespanning-verlagers zijn de bestanddelen die het zware werk moeten opknappen. Bij de formulering van shampoo's zijn echter ook hulpstoffen met specifieke eigenschappen nodig: viscositeitsregelaars, schuimstabilisatoren, activerende componenten, antistatica, pH-regulatoren en, evenals in zeep, terugvettende componenten. Antistatica zijn erg belangrijk; door wasen verliest het haar zijn beschermende vetlaag en raakt negatief geladen. Zonder verdere nabehandeling zouden ons de haren letterlijk 'te berge rijzen', hetgeen door terugvetting van het haar niet ongedaan wordt gemaakt. Ter compensatie van de oppervlaktelading voegen de shampoofabrikanten quaternaire ammoniumzouten toe. De formulering moet ook ruimte bieden voor toepassing van dermatologisch actieve verbinding, zoals haarfollikelstimule-

12



13



12 en 13. Lippenstift wordt als vloeibaar vetmengsel gegoten. Door toepassing van verschillende pigmen-

ten is een enorm scala aan kleurtinten te realiseren. De kleuren zijn sterk moedegevoelig.

rende verbindingen en antiroosprodukten. Daarvoor gebruikt men vaak gesubstitueerde pyridine-N-oxiden of Zn-zouten. In principe zijn antiroosmiddelen celgroeiremmers.

Een goede shampoo doet zijn werk snel, irriteert de huid niet en werkt niet prikkend in de ogen. Dit laatste laat bij veel shampoo's echter nog te wensen over, wat wordt toegeschreven aan de gebruikte oppervlakte-actieve stoffen. Verschillende bedrijven proberen de oogirritatie te verminderen en zoeken naar geschikte niet-ionogene tensiden. Ethercarbonzuren, condensatieprodukten van geëthoxylerde vetalcoholen met chloorazijnzuur, vormen een nieuwe groep tensiden met een zeer laag irritatieniveau.

#### *Huidcrèmes en huidemulsies*

Huidcrèmes en -emulsies bestaan meestal uit olie-in-water (O/W) emulsies, maar soms komen ook water-in-olie (W/O) emulsies voor. Huidcrèmes zijn voornamelijk in gebruik als reiniger, beschermer, vocht- en vetregulator en als drager voor actieve verbindingen.

De draagster verwijdt decoratieve cosmetica dikwijls met een crème. Zowel de vetbe-

standdelen van decoratieve cosmetica als de pigmenten zijn er makkelijk in te dispergeren. De reinigingscrèmes zijn meestal eenvoudig samengesteld uit paraffine-olie, geëmulgeerd in water. Daaraan is een verbinding toegevoegd, die een goede spreiding van de emulsie op de huid mogelijk maakt, isopropylmyristaat bijvoorbeeld. Soms is het nodig dat de reinigingscrème diep in de poriën kan dringen om de daar aanwezige pigmenten op te lossen. Daarvoor kan gebruik worden gemaakt van micro-emulsies, waarvan het penetrerend vermogen bijzonder groot is. Wanneer de micel in zo'n micro-emulsie met een pigment een interactie aangaat, gaat de micelstructuur verloren. Water wast daarna alles weg.

Beschermende huidcrèmes moeten op de huid een niet-plakkerige vetfilm vormen, die de invloed moet bufferen van weer, wind en huidonvriendelijke binnenklimaten. De voornaamste bestanddelen zijn natuurlijke oliën als avocado-, sesam- en amandelolie, en bij voorkeur ook wassen als bijenwas, walraat en jojoba-olie. Bijenwas geeft aan zo'n emulsie een goede consistentie, terwijl door omzetting van de in bijenwas aanwezige vrije vetzuren op de

## — Emulgatoren —

Emulgatoren spelen een essentiële rol bij de bereiding van cosmetische produkten, in het bijzonder emulsies. Het zijn molekulen met een hydrofiel (waterlievend) en hydrofoob (waterafstotend) gedeelte. Zij kunnen emulsies stabiliseren door zich met het hydrofobe uiteinde te verankeren in een oliedruppeltje, waarbij het hydrofiële uiteinde in de waterfase steekt. We spreken dan van een olie-in-water-emulsie. Op analoge wijze kunnen water-in-olie-emulsies worden gevormd.

Veel eigenschappen van emulgatoren kunnen worden beschreven met behulp van de HLB-waarde (*Hydrofiel Lipofiel Balans*). De HLB-waarde vertelt iets over de relatieve zwaarte van het hydrofiële en/of lipofiele gedeelte van het emulgatormolekuul. Als de HLB-waarde laag is, is het lipofiele deel van het molekuul groot en is de emulgator lipofiel; bij hoge HLB-waarden is het hydrofiële deel van het molekuul groot en is de emulgator hydrofiel. Emulgatoren voor water-in-olie emulsies hebben een

HLB-waarde van 2-6, terwijl voor olie-in-water emulsies een HLB-waarde van 10-14 geldt. Tensiden hebben een HLB-waarde >20, en dit zijn meestal geladen molekulen zoals sulfonaten of fosfaten.

Men onderscheidt een viertal grote groepen emulgatoren:

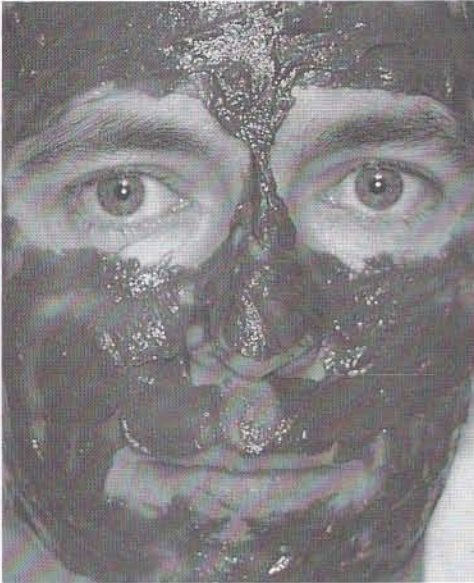
- kationische emulgatoren (bijvoorbeeld quaternaire ammoniumzouten);
- anionische emulgatoren (sulfonaten, geëthoxylerde sulfaten en fosfaten van vetalcoholen);
- amfotere emulgatoren (betaïnen, sulfobetainen);
- niet-ionogene emulgatoren (geëthoxylerde vetzuren en vetalcoholen, vetzure esters van polyhydri-sche alcoholen als ethyleenglycol, glycerol, polyglycerol, suikers, al dan niet geëthoxylerd en blokco-polymeren van etheenoxylde en propeenoxylde).

Een belangrijke eigenschap van emulgatoren is dat zij oppervlaktespanningverlagend werken. Bij een bepaalde, voor iedere emulgator en oplosmiddel karakteristieke, concentratie wordt de oppervlak-



14. Naast de samengestelde cosmetica zijn sommige natuurprodukten altijd als cosmetica in gebruik

gebleven. Aan sommige soorten zeewier wordt een gunstige invloed op de huid toegeschreven.

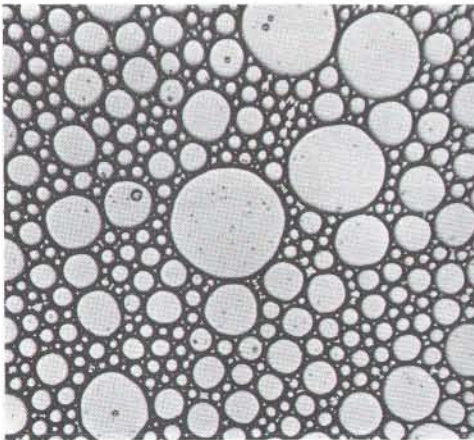


14

huid een emulgator wordt gevormd. Bijenwas bevat ook nog gesubstitueerde kaneelzuren, afkomstig uit *propolis* (bijenlijm), die een virus- en bacteriedodende werking hebben. Om de plakkerigheid van de vetfilm te reguleren, worden siliconenoliën, paraffine-achtige koolwaterstoffen (al dan niet vloeibaar) en ook vetzuren en vetalcoholen gebruikt.

De vochtregulerende crèmes zijn bedoeld om een verstoorde vochthuishouding van de huid langs kunstmatige weg in balans te brengen. Hydrofiele polymeren als polyvinylpyrrolidon, met de huid verwante produkten als gelatine en elastine, hydrofiele polyacrylaten en polyethyleenglycolen, maar ook verbindingen als lanoline, ureum, sorbitol, aminozuren en natriumlactaat worden voor dit doel gebruikt. De gebruiksmogelijkheden van deze produkten zijn echter beperkt, omdat de huid er spoedig aan went en in zijn eigen regulatie nog verder uit balans raakt. De cosmetische industrie antwoordde daarop door de toepassing van produkten, die de huid in staat zouden stellen zorg te dragen voor een correcte eigen vochthuishouding. Die claim is echter nooit wetenschappelijk bevestigd.

I-1



I-1. In een olie-in-water-emulsie zitten kleine olie-

druppeltjes fijnverdeeld in een waterige omgeving.

tespanning echter niet verder verlaagd, maar vormen zich aggregaten van emulgatormolekulen, zogenaamde micellen. De concentratie waarbij dit gebeurt heet de kritische micelconcentratie. Afhankelijk van de polariteit van het oplosmiddel en de structuur van de emulgator, is het hydrofiele of hydrofobe uiteinde van de molekulen in de micellen naar buiten gericht. In het laatste geval spreekt men van inverse micellen.

Behalve bolvormige micellen bestaan ook staafvormige en plaatvormige micellen. De plaatvormige structuren vinden we terug in membranen rond levende cellen. Dat zijn moleculaire dubbellen van lipiden, waarvan sommige ook een belangrijke rol in de stofwisseling spelen. Van iedere stof kan op basis van thermodynamische en geometrische eigenschappen de micelvorm worden voorspeld. Het is te verwachten, dat met deze theoretische kennis nieuwe, geperfectioneerde emulgatoren zullen worden ontwikkeld.



15

Teneinde de vethuishouding van de huid te reguleren geldt onverkort wat gezegd is over de vochthuishouding. De gebruikte componenten zijn de reeds genoemde oliën en wassen, alsmede langketenige koolwaterstoffen. Veel koolwaterstoffen hebben echter als nadeel, dat de daarvan afgeleide vetfilm op de huid ondoordringbaar is voor water en zuurstof, essentiële bestanddelen voor de huid. Dit probleem is opgelost door het gebruik van isostearinezuur en derivaten daarvan, waarmee vetfilms op de huid gevormd kunnen worden en die doorlaatbaar zijn voor water en zuurstof. Isostearinezuur is een vetzuur, dat in de koolstofketen een of meerdere methylvertakkingen heeft; in de natuur komen soortgelijke vetzuren voor in de huidvetten van veel watervogels.

Emulsies zijn in het algemeen uitstekende dragers voor plantaardige extracten, vitamines, UV-filters, insectenverjagers (esters van ftaalzuur, oxaalzuur en maleïnezuur), schuurmiddelen, en in een enkel geval ook geneesmiddelen (anti-acne). Plantenextracten werden al door de Egyptenaren gebruikt, en ook in

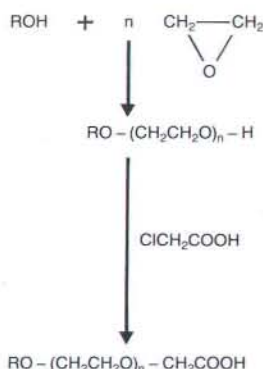
veel huis-, tuin- en keukenrecepten vinden we allerlei plantenextracten voorgeschreven. Veelal zijn de actieve verbindingen terpenen of suikers, die een goede doorbloeding van het huidweefsel tot gevolg hebben, een antibiotische of ontstekingsremmende hebben, of UV-A/B-straling kunnen absorberen. Ascorbinezuur, calciferol en tocoferol (respectievelijk vitamine C, D2 en E) worden ook vaak in crèmes ingebouwd, maar het is twijfelachtig of deze producten inderdaad door de huid kunnen worden gemetaboliseerd. Vreemd genoeg is het gebruik van plantenextracten door de wetgever nauwelijks aan beperkingen onderworpen. Het cosmeticabesluit spreekt zich alleen uit over stoffen met een duidelijk narcotische werking of een duidelijk verhoogd risico voor de gebruiker, zoals het geval is bij de alkaloiden pilocarpine en atropine, uit de dodelijk giftige nachtschade *Atropa belladonna*.

De meest recente ontwikkeling op het gebied der huidcosmetica zijn de *liposomen*. Dit zijn aggregaten van bijvoorbeeld lecithine en daarvan afgeleide stoffen als diacylfosfatidylcholi-



15. De parfumeur heeft een enorm scala reukstoffen ter beschikking waarmee hij zijn parfums kan samenstellen.

16. Ethercarbonzuren zijn belangrijke nieuwe oppervlaktespanningverlagers die vooral toepassing vinden in shampoo's. Ze worden gemaakt uit een vetalcohol en epoxythaan, gevolgd door condensatie met chloorazijnzuur.



16

nen, die de eigenschap hebben om spontaan bolvormige, holle micellen te vormen. Deze bolletjes zijn moleculair gezien op dezelfde wijze georganiseerd als membranen. Met speciale technieken kunnen in de micellen actieve stoffen worden opgesloten die daaruit langzaam vrijkomen, doordat de micellen kapot gaan als gevolg van beschadigingen of thermische bewegingen. Dit principe wordt met name in de farmaceutica diepgaand onderzocht voor gereguleerde en doelgerichte afgifte van farmaca in de buurt van carcinomen. Ook de cosmetica heeft zich echter op de liposomen geworpen. De vraag is overigens gerechtvaardigd of de cosmetoloog zich hiermee niet te uitdrukkelijk op het terrein van de farmacie beweegt.

### Economische aspecten

Cosmetische producten hebben een relatief hoge toegevoegde waarde. Dit heeft als gevolg dat de marketingkosten een groot deel van de consumentprijs uitmaken. Voor cosmetica is

dat gemiddeld zo'n 75% van de prijs. De grondstoffen bedragen ongeveer 10% van de productprijs en de arbeidslonen 10 tot 15%. De investering in de research is sterk patentgericht. Marketing is voor de cosmetische industrie bijzonder belangrijk. Dior investeerde voor de introductie van het parfum 'Poison' niet minder dan 20 miljoen gulden, maar had dat bedrag wegens het enorme succes binnen drie maanden terugverdiend.

In Nederland en België werd in 1987 voor naar schatting 3 miljard gulden/50 miljard BF cosmetica gekocht, wat overeen komt met ongeveer f 130,-/BF 2200 per hoofd van de bevolking. Dit is aanzienlijk minder dan in landen als Frankrijk, Duitsland, Japan en de USA, waar meer dan f 200,-/BF 3500 per jaar wordt besteed aan cosmetica. Hoewel de cosmetische industrie in Nederland en België bijzonder sterke bedrijfstak is, vinden toch circa 3000 mensen werk in deze branche, die voornamelijk is gericht op de productie van grondstoffen. Er is sprake van een exportoverschot, dat toegeschreven kan worden aan een vanouds bijzonder sterke reuk- en smaakstoffenbranche.

De redactie dankt drs. J. Bouma en drs. A. J. Mast, vakdidacticus scheikunde aan de Vrije Universiteit Amsterdam, resp. leraar scheikunde aan het Petrus Canisius College in Alkmaar, voor hun adviezen bij de bewerking van het manuscript.

### Literatuur

- Janistyn PH. Handbuch der modernen Parfumerie und Kosmetik. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH; 1974.
- Nowak GA. Die kosmetischen Preparare. Augsburg: Verlag für chemischen Industrie; 1969.
- Das Haarmann und Reimer Parfum Buch (vier delen). Hamburg: Verlagsgesellschaft R. Gloss & Co; 1986.
- Produktteststatistiek Zeep-, Was- en Reinigingsmiddelen, Parfumerie en Cosmetica; uitgegeven door het CBS.
- Brand HM, Mooy T. Het oog wil ook wat. Natuur en Techniek 1984; 52, 6; 434-453.

### Bronvermelding illustraties

- ABC-press, Amsterdam: pag. 86-87, 11, 12, 14, 15
- Haarmann & Reimer, Holzminden, BRD: 4, 5, 6
- Unichema, Gouda: 3, 7
- Bruce Coleman Ltd., Uxbridge, UK: 10
- General Cosmetics, Alkmaar: 13
- De overige illustraties zijn afkomstig van de auteur.

Supernova 1987a met zijn licht-echo's op een met beeldverwerkingstechnieken verduidelijkte foto van eind oktober 1988. De opname is gemaakt met de CCD-camera van de 3,6 m-telescoop van het European Southern Observatory op La Silla in

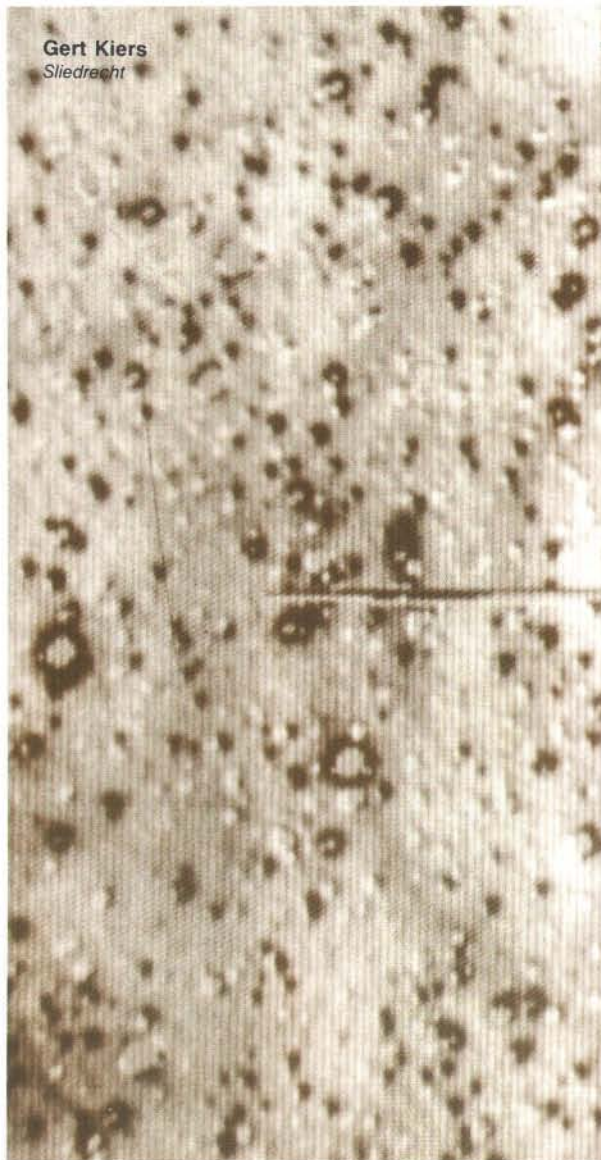
Chili. De twee cirkelvormige licht-echo's duiden erop dat het licht van SN 1987a op weg naar de aarde wordt verstrooid door twee vlakke stofwolken die vrijwel loodrecht op de voortplantingsrichting van het licht staan.

Tot twee jaar geleden was de beroemde sterrenkundige Johannes Kepler de laatste astronoom die met het blote oog een supernova zag. Dat was in 1604. Sterrenkundigen popelden inmiddels van ongeduld. Berekeningen tonen namelijk aan dat in ons melkwegstelsel gemiddeld iedere 50 jaar een supernova voorkomt. Maar misschien waren ze niet te zien door de talloze stofwolken in de Melkweg.

## SUPERNOVA 1987 A

Op 24 februari 1987, nu twee jaar geleden, was het eindelijk raak. De Canadese astronoom Ian Shelton, in Chili aan het werk, ontdekte op zijn net ontwikkelde foto's van de Magelhaense Wolk een nieuwe heldere ster. Een dag later was het nieuws de wereld al rond en alle telescopen op het zuidelijk halfrond werden voor kortere of langere tijd op de supernova SN 1987a gericht.

Gert Kiers  
*Slidrecht*

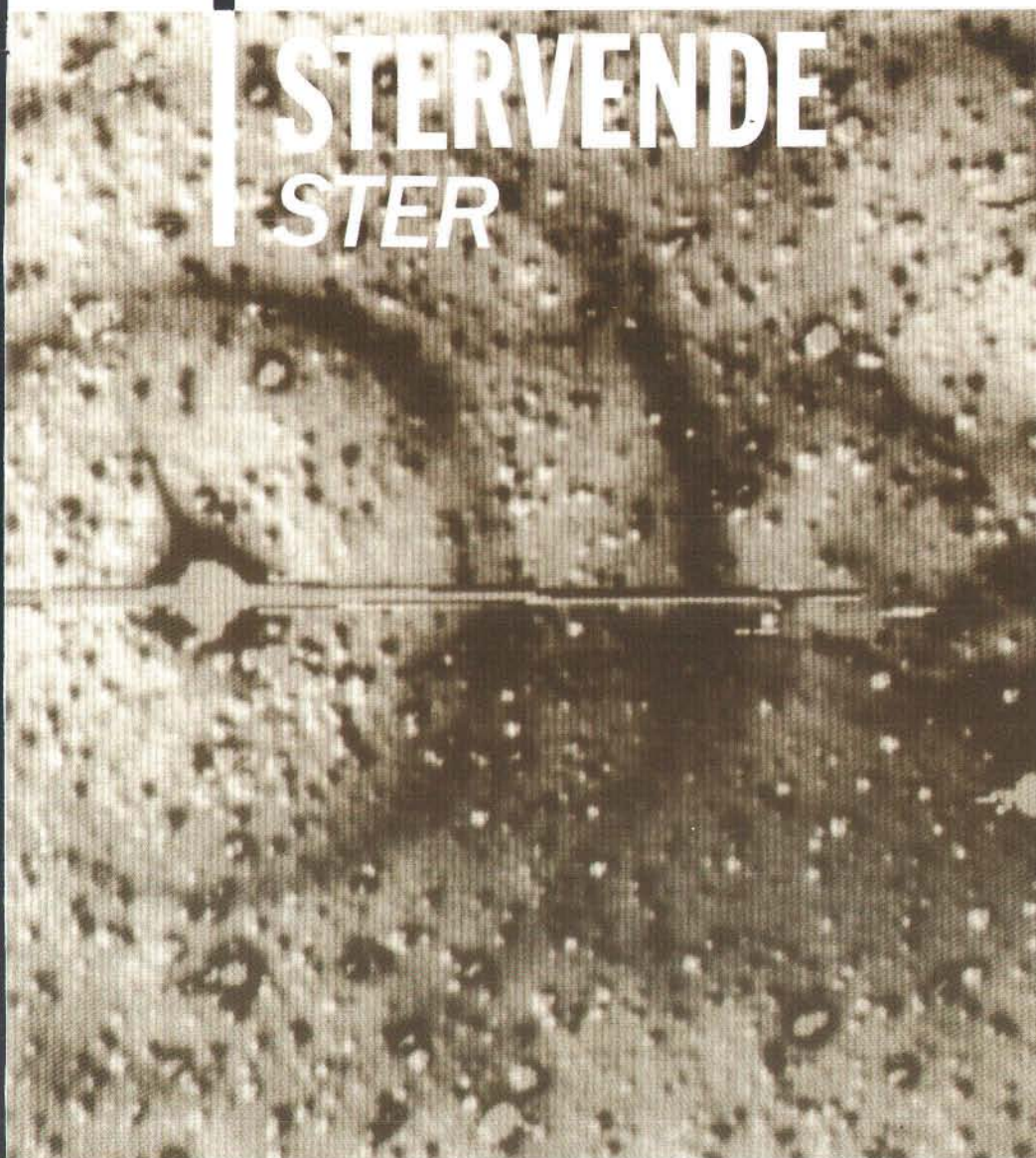




**GEBOORTE**

**VAN EEN**

**STERVENDE  
STER**







1



De supernova werd ontdekt op een moment dat het licht ervan net op aarde zichtbaar moet zijn geworden. Op foto's van een dag eerder was hij nog niet zichtbaar. Dat betekent dat de sterrenkundigen op aarde gegevens kregen over gebeurtenissen in de ster vrij kort nadat de grote explosie plaatsvond. Naast het verzamelen van gegevens over alle frequenties van elektromagnetische straling die de supernova uitzond, richtte het onderzoek zich allereerst op de vraag welke ster de voorganger was van de supernova. Een supernova is namelijk, anders dan de naam doet vermoeden, een ster in zijn laatste levensfase die ontploft en dan enkele maanden lang helder straalt.

In de vijf weken na de explosie passeren een drietal kandidaat-voorgangers de revue. Het zijn sterren die op de plaats van de supernova vanaf de aarde gezien vlak bij elkaar stonden. Uiteindelijk blijkt de positie van SN 1987a het best overeen te komen met de blauwe reuzenster Sanduleak-69°202. Dit is een systematische naam die betekent dat de ster bij ongeveer  $-69^\circ$  declinatie staat en nummer 202 is op de lijst die Nicholas Sanduleak in 1969 opstelde.

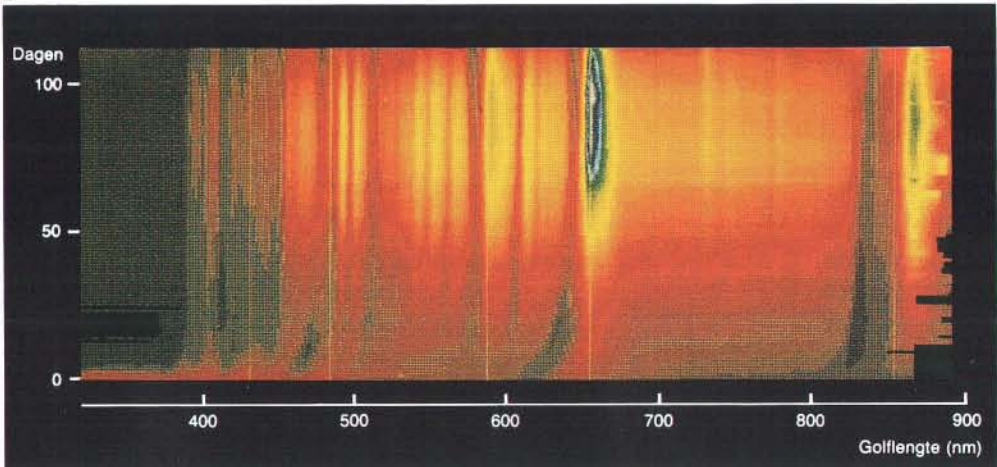
## Sterrewind

De vaststelling dat een *blauwe reus* zich tot een supernova ontwikkeld heeft, veroorzaakte een schok in de wereld van de sterrenkunde. De theorieën over supernova's leerden dat alleen *rode reuzen* hun leven explosief in een supernova eindigen. Die theorieën stemden, uiteraard, overeen met de bestaande waarnemingen. Elk jaar ontdekt men ongeveer tien supernova's in ver weg gelegen sterrenstelsels en die blijken zonder uitzondering rode reuzen als voorganger te hebben. Sanduleak-69°202 was de eerste blauwe reus die voor de ogen van de astronomen in een supernova overging.

De theorie over de levensloop van de sterren moest dus worden bijgesteld na de ontdekking van SN 1987a, en wel op zo'n manier dat het voortaan ook voor blauwe reuzen mogelijk zou zijn hun leven als supernova te beëindigen.

Een ster brengt het grootste deel van zijn leven door als een stabiele bol gas. In de kern fuseert waterstof tot helium en dat kernfusieproces levert energie. De duur van het volwassen leven van een ster hangt af van zijn massa.

2



1. De heldere vlek midden rechts is de supernova 1987a. Hij staat in de grote Magelhaense Wolk, vlak bij de Tarantulanenevel, de grotere lichte formatie linksboven. De Magelhaense Wolken zijn genoemd naar een Portugese ontdekkingsreiziger die tijdens

een reis in 1519 de sterrenhopen voor het eerst beschreef. Het zijn twee kleine satellietstelsels van ons eigen Melkwegstelsel. Omdat ze vrij dichtbij staan, op ongeveer 160 000 lichtjaar, zijn er afzonderlijke sterren in te onderscheiden.

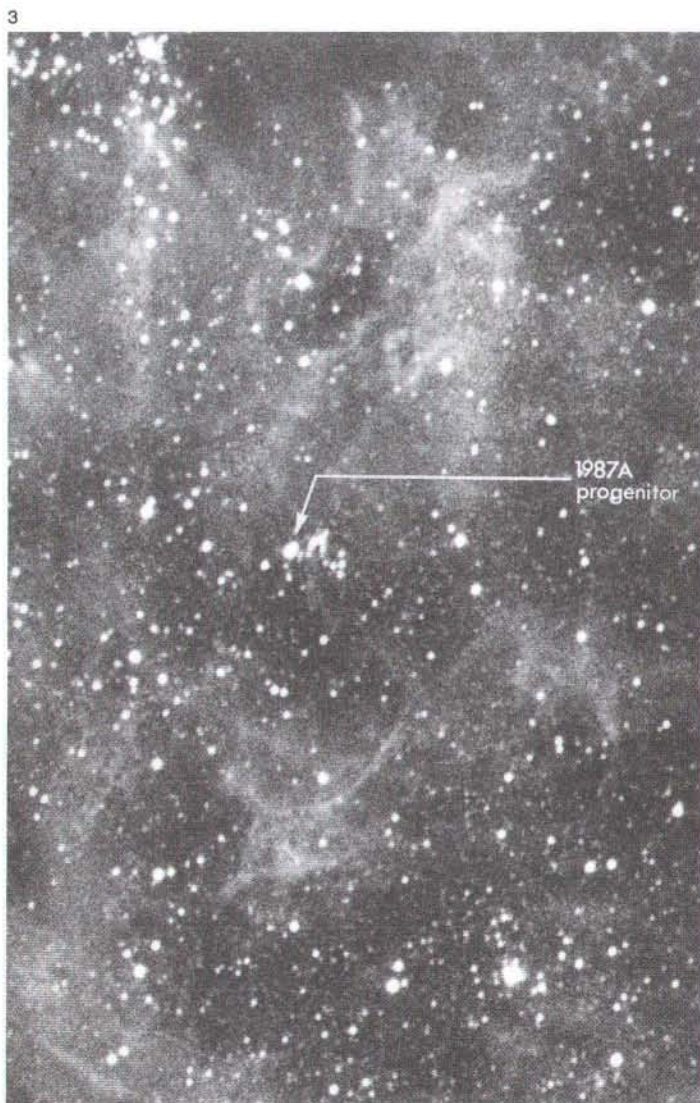
2. De supernova 1987a bereikte op 20 mei zijn grootste helderheid. De verdeling over de frequenties in en bij het gebied van het zichtbare licht en de intensiteit van het licht bij die frequenties is op de afbeelding prachtig te volgen gedurende 110 dagen

na de eerste waarneming op 24 februari 1987. Verticaal is de tijd uitgezet, horizontaal de frequentie. De grootste intensiteit is met wit weergegeven, aflopend naar rood. In de eerste tien dagen na de explosie traden de grootste spectrale verschuivingen op.

Zware sterren, met een massa van ongeveer vijf tot dertig keer die van de zon, leven relatief kort. Sanduleak is zo'n zware ster en verkeerde naar schatting tien miljoen jaar in de stabiele fase; de zon zal dat ongeveer tien miljard jaar doen. In die stabiele fase bestaat er een evenwicht tussen de naar buiten gerichte krachten die ontstaan als gevolg van de kernfusie en de naar het centrum gerichte zwaartekracht. Er komt een eind aan dit evenwicht wanneer de waterstof in de kern op is. De buitenste lagen van de ster vallen nu naar binnen

en de ster krimpt. Daardoor stijgt de temperatuur in de sterkern en wanneer het er ongeveer honderd miljoen graden is, begint een nieuwe kernfusiereactie waarbij helium in koolstof wordt omgezet. De energie die hierbij vrijkomt is voorlopig voldoende om het definitief in elkaar storten te voorkomen. Door de vrijkomende fusie-energie vergroot de ster weer. Had hij na de krimp een diameter van enkele tientallen miljoenen kilometers, nu worden dit er enkele honderden miljoenen. Door die omvang koelt de buitenkant van de ster sterk af

3 en 4. De eerste foto's van supernova 1987a zijn in duizenden kranten en tijdschriften over de hele wereld gepubliceerd. De linkerfoto is uit 1977 en is een beeld van het UV-licht uit de grote Magelhaense Wolk waarop de voorganger Sanduleak-69° 202 te zien is. De opname is gemaakt met de Schmidt-telescoop op La Silla. Een dag na de eerste waarneming van de supernova, op 25 februari 1987, maakte men met dezelfde telescoop weer een opname. Het verschil is spectaculair. Het lichtkruis is overigens een optisch effect van de telescoop.





en straalt daardoor vooral rood licht uit. De omvang en de kleur verklaren de sprookjesachtige naam die een ster in deze levensfase krijgt: rode reus.

In de kern van een rode reus komt bij de kernfusiereacties zeer veel energie vrij. Een deel van de materie krijgt daardoor zo'n hoge kinetische energie dat zij wordt weggeslingerd. Men noemt dit de *sterrewind*. Sommige rode reuzen blazen zo vele zonsmassa's materie weg, een relatief groot deel van hun massa. Sanduleak-69°202 bijvoorbeeld, was aanvan-

kelijk achttien zonsmassa's groot, maar verloor door de sterrewind zeven zonsmassa's. Een sterrewind kan een ster helemaal van zijn koelere buitenlagen ontdoen. De ster blijft dan over als een klein object dat door zijn hoge temperatuur blauw licht uitstraalt. De rode reus is een blauwe geworden en als zodanig stond Sanduleak-69°202 bekend.

Tot twee jaar geleden dacht men dat alleen rode reuzen uiteindelijk in een supernova konden eindigen. SN 1987a liet zien dat ook blauwe reuzen hun leven explosief beëindigen.

### Schokgolf

Tien miljoen jaar na zijn geboorte begon Sanduleak-69°202, in de gedaante van een blauwe reus, aan zijn laatste levensfase die honderdduizend jaar zou duren. In de kern van de ster fuseert dan helium tot koolstof en in mindere mate tot zuurstof. Wanneer de heliumvoorraad is uitgeput stort de ster weer in als gevolg van de zwaartekracht die de overhand krijgt. Net als na de uitputting van waterstof, krimpt de ster nu ook weer, tot de temperatuur in de sterkern zo hoog opgelopen is dat het volgende fusieproces begint. Koolstof en zuurstof fuseren dan tot magnesium en neon.

De veel hogere temperatuur die bij ieder opvolgend fusieproces optreedt, zorgt ervoor dat de reactiesnelheden ook drastisch toenemen. De fusie van waterstof tot helium duurde ongeveer tien miljoen jaar, die van helium tot koolstof en zuurstof nog honderdduizend jaar, maar de koolstof- en zuurstofvoorraden zijn al na enkele tientallen jaren uitgeput. Er volgt opnieuw een cyclus van krimp, temperatuurverhoging en nieuwe kernfusieprocessen waarbij uiteindelijk voornamelijk silicium ontstaat. Wanneer de temperatuur in de kern daarna oploopt tot twee miljard graden, fuseert silicium tot nikkel en vooral ijzer. Dit is de laatste fusiereactie die voldoende energie produceert om de zwaartekracht te weerstaan. IJzer is het meest stabiele element in het universum. Om het tot zwaardere elementen te fuseren is energie nodig, terwijl tot nu fusieprocessen aan de orde waren die energie leveren.

Onder invloed van de zwaartekracht trekt de sterkern van voornamelijk ijzer samen en de temperatuur loopt op tot meer dan vijf miljard graden. Materie van de ster valt in een conti-





nue stroom op de sterkern. Wanneer die een kritische massa heeft bereikt, ongeveer anderhalve zonsmassa, vallen de ijzeratomen ineens uit elkaar tot heliumkernen. Dat is een energie-consumerend proces en er is dus plotseling geen energie meer beschikbaar om de sterkern te 'ondersteunen'. In minder dan een tiende seconde implodeert de ster nu. De materie die zich eerst in een bol van 20000 kilometer diameter bevond is nu even samengeperst in een bolletje van nog geen vijftig kilometer diameter. Het hele proces verloopt bijna met de lichtsnelheid.

Deze ineenstorting leidt uiteindelijk tot het exploderen van de ster. De materie die met een enorme snelheid naar het centrum valt, duwt alle atoomkernen steeds dichter op elkaar. Elektronen worden in de atoomkernen gedruwd en alle kerndeeltjes versmelten met elkaar tot een bol neutronen. Deze neutronenkern laat zich samendrukken tot alle deeltjes elkaar bijna raken. Dan komt de materie opeens tot stilstand. De onvoorstelbare hoeveelheid bewegingsenergie wordt voor een deel omgezet in een zeer sterke schokgolf die zich door de ster materie naar buiten verplaatst. Als de schokgolf de rand van de ster bereikt is er geen tegendruk meer om de ster materie bijeen te houden. De supernova is dan een feit: met snelheden van tienduizenden kilometers per seconde verdwijnen de resten van wat net nog een ster was, in de ruimte.

## Neutrino's

Het stersterfscenario van hierboven is uiteraard een theorie. Astronomen kunnen natuurlijk geen kijkje in de kern van een ster nemen om te zien of deze gebeurtenissen zich werkelijk voordoen. Van buitenaf zijn de processen in de sterkern niet te volgen: de buitenste lagen liggen als een ondoorzichtige deken om de sterkern.

Er is echter een proces dat ook van buitenaf zichtbaar is. Zo voorspelt de theorie het ontstaan van neutrino's op het moment dat de kern ineenstort, vlak voor de supernova optreedt. Wanneer elektronen in de atoomkernen dringen, komen bij kernreacties zeer grote aantallen neutrino's vrij. Waarschijnlijk zijn er in Sanduleak-69°202 meer dan  $10^{55}$  gevormd. Deze neutrino's dragen 99% van de energie weg die vrijkomt. De zeer sterke

schokgolf bevat dus slechts 1% van de energie en blaast toch de hele ster op.

Neutrino's hebben de vreemde eigenschap dat ze nauwelijks met materie reageren. Een blok lood van een lichtjaar dikte, houdt nog niet de helft van de neutrino's tegen die erop in vallen. Deze eigenschap van neutrino's is voor astronomen een voordeel en een nadeel. Neutrino's ontsnappen heel makkelijk uit de ster; de buitenste lagen die wel licht uit de sterkern tegenhouden zijn nauwelijks in staat de elementaire deeltjes te stoppen. Wanneer we op aarde dus neutrino's waarnemen uit de richting van Sanduleak-69°202 van het moment waarop de implosie plaatsvond, helpt dat de implosietheorie bevestigen. De keerzijde van de medaille is dat neutrino's nauwelijks waar te nemen zijn, omdat ze ook door alle detectoren heenvliegen. Het is bijzonder moeilijk neutrino's te registreren. Op aarde staan een paar detectoren speciaal voor het waarnemen van neutrino's. Ze bevinden zich diep onder de grond, in verlaten mijnen, of onder hoge bergen. Alle andere elementaire deeltjes die uit de ruimte op aarde arriveren verdwijnen in de atmosfeer, of in de eerste tientallen meters aardbodem. Detecteer je onder een hoge berg een deeltje, dan moet dat wel een neutrino zijn,

5. Verdroogde planeet bij supernova. Zo noemde 'heelalschilder' E.W. van der Padt dit schilderij met een impressie uit de nabijheid van een supernova. Enorme gaswolken wervelen als gevolg van de explosie vanuit het centrum.

6. In het sterrenbeeld Vega is de Gumnevel een restant van een supernova die 12 000 jaar geleden plaatsvond. De ijle nevels zijn de bij de explosie weggeblazen gaswolken die zich nog steeds verplaatsen en bij botsingen met andere gaswolken oplichten. Het overblijfsel van de supernova is hier de zogenaamde Vela-pulsar, de tweede pulsar die men ooit optisch waarnam.

5







6



omdat alleen die een kans hebben daar te arriveren. De kans dat een neutrino die door de detector vliegt daar net op dat moment een interactie aangaat is bijzonder klein, maar gelukkig zijn neutrino's niet zeldzaam. Integendeel zelfs, ze komen massaal voor.

In twee detectoren, in het Japanse Kamioka en de Amerikaanse staat Ohio zijn in totaal 19 neutrino's van supernova 1987a waargenomen. Naar schatting zijn er ongeveer  $10^{16}$  neutrino's van supernova 1987a door beide detectoren gevlogen. Ondanks het kleine aantal vormden deze negentien neutrino's het bewijs van de theorie over het in elkaar storten van de kern.

### Lichtecho

Op 1 april 1988, een jaar na de explosie, ontdekten Amerikaanse astronomen een lichtvlek op twee lichtweken afstand van de supernova. Deze *mystery spot* verdween even snel als hij



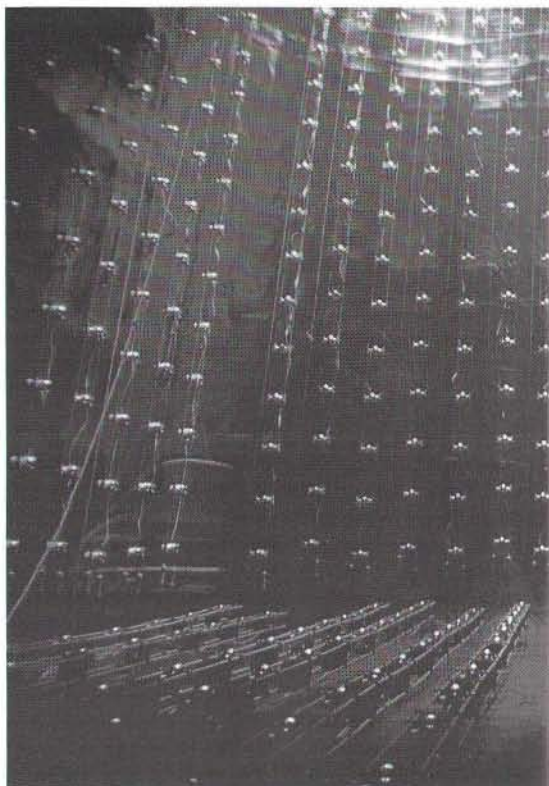
ontstond. Tot nu toe is niet duidelijk waar-  
door het verschijnsel ontstond.

Wel verklaarbaar is de verschijning van twee  
ringen om de supernova, die sterrenkundigen  
al negen maanden na de explosie waarnamen.  
Deze ringen worden, nog steeds, langzaam  
groter. Ze ontstaan door de verstrooiing van  
licht van de supernova door twee stofwolken  
die zich tussen de aarde en de supernova bevin-  
den. De twee wolken staan op een afstand van  
400 en 100 lichtjaren van de supernova en heb-  
ben overigens niets met de supernova van  
doen.

De lichtecho's, zoals de ringen worden ge-  
noemd, zagen we op aarde pas driekwart jaar  
na de explosie, omdat het licht dat de aarde via  
de wolken bereikt een veel langere weg heeft  
afgelegd. De molekulen en atomen in de wol-  
ken verstrooien het licht van de supernova op  
dezelfde manier als de aardse atmosfeer het  
blauwe deel van het zonlicht verstrooit.

### Hooggespannen verwachtingen

De weggeblazen materie van supernova 1987a  
is nog te dicht om licht of radiostraling van de  
kern door te laten. Met spanning wachten de  
astronomen op het moment waarop ze de kern



8

7

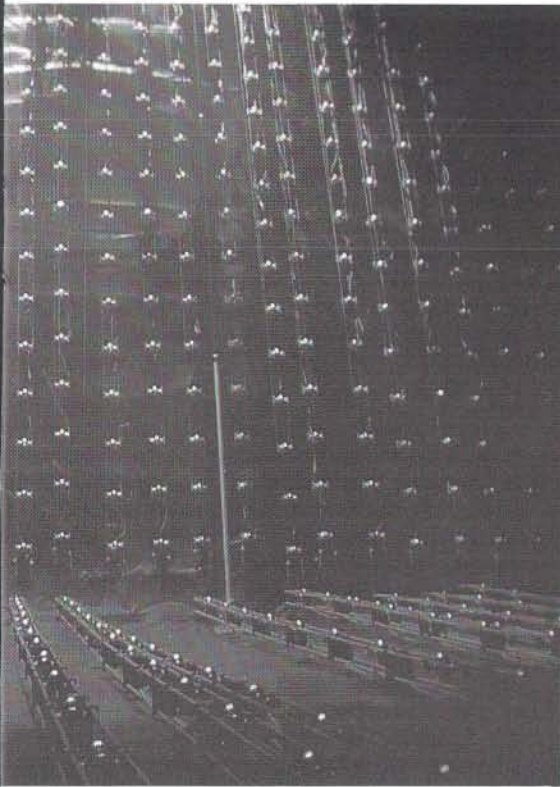


7. De telescopen van het  
European Southern Ob-  
servatory liggen op de top  
van de berg La Silla in Chi-  
li. Het is de grootste ster-  
renwacht op het zuidelijk  
halfrond.

8. De detectie op het juiste  
moment en uit de juiste  
richting van acht neutri-  
no's in deze enorme Irvi-  
ne-Michigan-Brookhaven-  
detector in de Amerikaan-  
se staat Ohio betekende  
een bevestiging van een  
deel van de supernovathe-  
orie. Deze detector is een  
enorm met water gevuld  
bassin. Aan de wand han-  
gen lichtversterkers die  
lichtsporen waarnemen  
als ergens een deeltje ver-  
valt, nadat een neutrino er-  
mee botste.

9. Een gammastralende-  
detector waarmee aan grote  
ballons waarnemingen  
aan SN 1987a worden ge-  
daan.





kunnen waarnemen. Ze verwachten als overblijfsel van de explosie een neutronenster aan te treffen. Neutronensterren hebben een zeer sterk magnetisch veld, dat vooral elektronen in de omringende gaswolken versnelt. Zulke versnelde elektronen zenden synchrotronstraling uit en die kan met radiotelescopen worden waargenomen. Alleen wanneer de hoeveelheid materie die in de kern is achtergebleven groter is dan enkele zonsmassa's, is er geen neutronenster gevormd, maar een zwart gat.

Over tien, twintig, of misschien pas vijftig jaar zal de supernova opnieuw oplichten. Dan heeft de bij de explosie weggeblazen materie de stofwolk ingehaald die honderdduizend jaar geleden met de sterrewind is weggeblazen. Die wolk staat nu op een afstand van drie lichtjaren van de supernova. Het gas van beide wolken zal dan op elkaar worden geperst en zoveel in temperatuur stijgen dat het gaat stralen.

De komende jaren zullen astronomen dus nog met grote regelmaat hun telescopen op het zuidelijk halfrond op de twee jaar geleden zo belangrijk geworden plaats in de Magelhaense wolk richten. Supernova 1987a heeft misschien nog meer verrassingen in petto. Tot nu toe had ze als belangrijkste resultaat dat de sterevoluutietheorie is bevestigd.

9



#### Literatuur

Helden R van, Scherrenburg J. Het ontstaan van de elementen — Supernova's aan de wieg van ons bestaan. *Natuur en Techniek* 1982; 50, 6: pag. 474-489  
In het kwartaaltijdschrift *The Messenger*/El Mensajero van de ESO verschijnt regelmatig nieuws over SN 1987a.

#### Bronvermelding illustraties


E.W. van der Padt, Ridderkerk: 5  
Lockheed: 9  
Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California: 8  
De overige illustraties zijn afkomstig van het European Southern Observatory, Garching bei München, BRD.



# het Gevoel

De tastzin is een onmisbaar zintuig. Pasgeboren baby's zijn primair van de tast afhankelijk bij het verkennen van de wereld om hen heen. Ook op latere leeftijd doen we veel dingen 'op het gevoel'. De tastzin is ondergebracht in ontelbare zintuigjes, die zich doorgaans vlak onder de huid bevinden. Wanneer hun vorm verandert, geven zij een signaal aan de hersenen af. Ook elders in het lichaam bevinden zich drukgevoelige cellen, bijvoorbeeld in het oor en in het evenwichtsorgaan. Al deze cellen werken op basis van dezelfde moleculaire principes.





In het begin van het leven  
speelt de tast een belangrijke  
rol bij het ontdekken van de  
omgeving. Tastprikkelers dienen  
onder andere als bevestiging  
van visuele waarnemingen.

**Frederick Sachs**

*State University of New York  
Buffalo, NY*

Vanaf het moment dat een baby de baarmoeder verlaat wordt hij via zijn tastzin geconfronteerd met een bonte schakering aan indrukken, die hem informatie geven over zijn omgeving: het samentrekken van het baringskanaal rond het lijfje, de stevige greep waarmee de verloskundige hoofd, schouders en enkels vastpakt, de tedere aanraking door moeders vingertoppen op voorhoofd en wangen. In de daaropvolgende dagen wordt de boreling vaker geconfronteerd met dingen die hij kan voelen: een zachte deken, een warme borst, een stevig bedje. Zelfs als hij om zich heen kan kijken, verkent de kleine de wereld om zich heen nog sterk op de tast. Een blokje hout in de wieg zal hij vastpakken, rondraaien en in zijn mond stoppen. Niet om het te proeven, zoals men misschien zou denken, maar om het met de lippen en de tong aan te raken, omdat deze organen buitengewoon gevoelig zijn voor *tactiele prikkels*. De tastzin, die niet gemakkelijk te foppen is, wordt gebruikt om de visuele waarneming te bevestigen. En wij weten allen dat het gezichtszintuig door allerlei illusies om de tuin geleid kan worden.

Het fundamentele karakter van de tastzin blijkt nog duidelijker wanneer dit 'zintuig' helemaal geen prikkels krijgt. Iemand die niet

kan horen of zien, kan desondanks een gelukkig leven leiden. De meeste blinde of dove mensen weten de problemen van hun handicap te overwinnen en bouwen een min of meer normaal bestaan op. Anders is dat wanneer de tastzin faalt. Voor het onderhouden van gezonde menselijke relaties en een goed contact met de omgeving is regelmatig fysiek contact onontbeerlijk. Van baby-aapjes die zonder tactiele prikkels opgroeiden is bekend dat het gedrag en het emotionele leven sterk gestoord waren. Gebrek aan fysiek contact in de eerste levensjaren leidt bij de mens tot onomkeerbare emotionele problemen. Aanraking is kortom de kern van gewaarwording, de basis van alle communicatie van het organisme met de buitenwereld. De tast is de enige zin die zo oud is als het leven zelf.

### Mechanoreceptoren

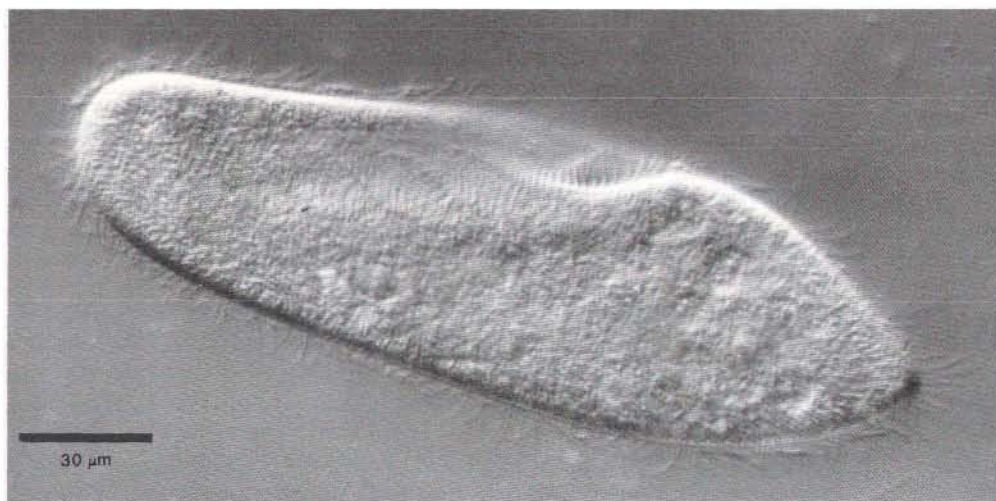
De eerste levende wezens waren eencellige organismen die omringd werden door een beschermend laagje, een membraan. Deze cellen zijn ongetwijfeld onderworpen geweest aan een proces als osmose, het sijpelen van water door die membraan als gevolg van concentratieverschillen binnen en buiten de cel. Het is

1. Blinden kunnen mede dank zij hun tastzin een redelijk normaal leven leiden. Een hulpmiddel is het brailleschrift. Via een speciale voorziening aan het toetsenbord, is zelfs het gebruik van een computer mogelijk.

2. Het pantoffeldiertje *Paramecium caudatum* zwemt dank zij een geïntegreerde beweging van de zweepharen, die op de foto vooral langs de omtrek van de cel goed te zien zijn. Als een zwemmende cel tegen een vast voorwerp stoot, wordt de slagrichting van de zweepharen plotseling omgekeerd en zwemt zij even achteruit. Vervolgens tui-melt zij wat heen en weer, waarna de oorspronkelijke slagrichting van de haren zich herstelt en het dier weer vooruitzwemt.







2

daarom noodzakelijk dat de membranen van die eerste organismen in staat waren de stroom stoffen die de cel in- en uitgingen te reguleren. Met andere woorden: deze membranen bevatten al een of ander soort 'poort' waardoor stoffen met de omgeving uitgewisseld konden worden en de cel zijn volume kon reguleren.

De mechanismen waarmee de cel zijn volume binnen bepaalde grenzen houdt, kregen in de loop van de evolutie ook andere functies, bij de voortbeweging van eencelligen bijvoorbeeld. Wanneer het pantoffeldiertje *Paramecium* tegen een obstakel botst, ontstaat er een gat in de membraan, waardoor de cel calciumionen uit het omringende water opneemt. Deze ionen zijn als het ware de brandstof voor de 'motor' die de zweefharen van de cel aandrijft, zodat deze de andere kant op gaat zwemmen. Wordt het diertje aangevreten door een amoebe, dan zal de cel kaliumionen afscheiden, waardoor de zweefharen sneller gaan bewegen en hij een goed heenkomen kan zoeken. In beide gevallen wordt gereageerd op een simpele mechanische prikkel, omdat de cel gevoelig is voor kleine vervormingen van de membraan.

Dergelijke kleine vervormingen liggen aan de basis van alle gevoelsprikkels. Vlak onder het huidoppervlak ligt een groot aantal zenuwuiteinden die bij mechanische prikkeling elektrische signalen naar de hersenen sturen. De grootste dichtheid van deze *mechanorecepto-*

*ren* wordt aangetroffen op de tong, lippen, handpalmen, vingertoppen, tepels, klitoris en de top van de penis, wat de buitengewone gevoeligheid van deze lichaamsdelen verklaart.

De wetenschap dat mechanoreceptoren gevoelig zijn voor mechanische prikkels zegt nog niets over de manier waarop deze verwerkt worden. Er zijn vooral de laatste tien jaar vele theorieën over ontwikkeld, maar deze verklaren de prikkelgeleiding slechts gedeeltelijk. Dat kwam omdat het moleculaire mechanisme waardoor mechanische prikkels in elektrische stroompjes worden omgezet, nog volstrekt onbekend was. Nader onderzoek heeft uitgewezen dat dit mechanisme niet alleen bij de tastzin een rol speelt, maar ook in het gehoor, het evenwichtsorgaan en in de zintuigen die de hersenen informatie geven over de toestand van inwendige organen. Ook deze zintuigen werken op basis van mechanische prikkels. Nu is het mogelijk een theorie op te stellen die de werking van al deze mechanoreceptoren beschrijft. Voor ik die beschrijf, wil ik eerst stil staan bij de manier waarop prikkels naar de hersenen worden gevoerd.

### Ionkanalen

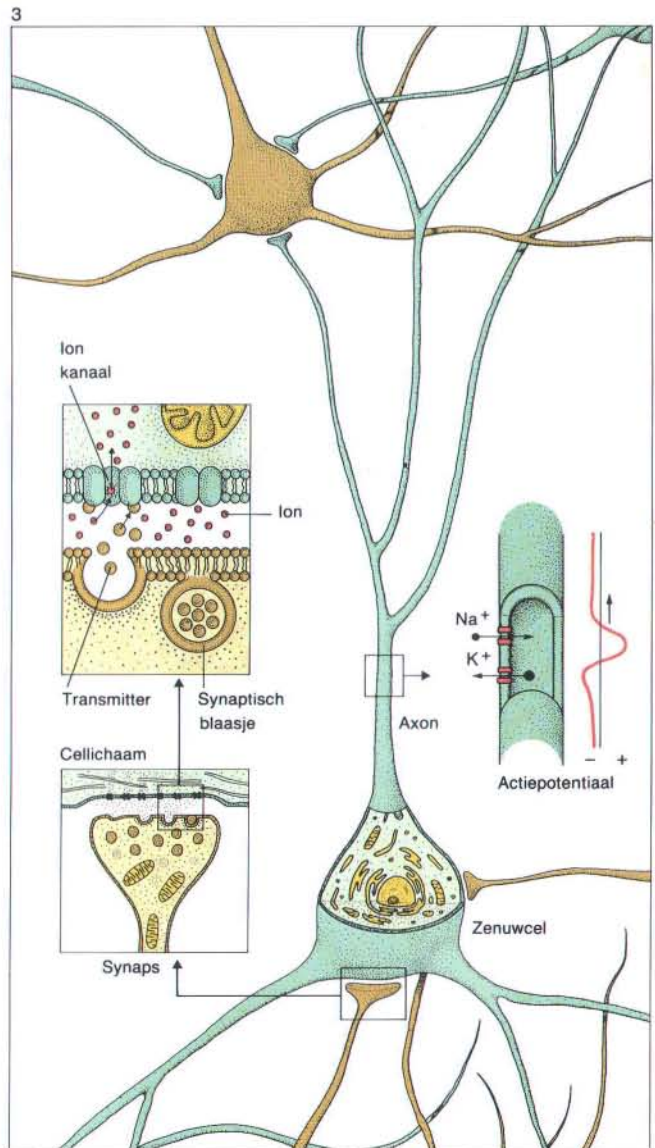
Afhankelijk van hun ligging onderscheidt men drie soorten zenuwcellen of neuronen: *afferente* (sensorische) en *efferente* (motorische) neuronen, die samen het perifere zenuwstelsel vor-

men en *interneuronen*, waaruit het centrale zenuwstelsel (hersenen en ruggemerg) is opgebouwd. Zintuigcellen kunnen op twee manieren met het centrale zenuwstelsel verbonden zijn. Het cellichaam van een sensorisch neuron kan dicht bij de receptorcel liggen en een lange uitloper (*axon*) naar het ruggemerg sturen. Het cellichaam kan echter ook vlak bij het ruggemerg liggen en via een lang axon in verbinding staan met de receptorcel.

Telkens als een axon een receptorcel of een ander neuron ontmoet, ontstaat er een *synaps* in de vorm van een smalle spleet, waardoor pulsen van de ene cel op de andere kunnen worden overgedragen. Op deze wijze zijn de cellen van het zenuwstelsel als in een elektrisch circuit geschakeld. Eén van de eenvoudigste schakelingen vinden we bij de kniepeesreflex. Bij het aantikken van de kniepees wordt een puls door een sensorisch neuron naar het rug-

3. Twee zenuwcellen maken contact via een synaps (onderste inzet). Wanneer een puls in het bruin gekleurde axonuiteinde aankomt, wordt uit de synaptische blaasjes een transmitter vrijgemaakt. Deze komt in de smalle spleet tussen beide neuronen terecht en hecht zich aan de ionkanalen van de tweede (groene) cel. Deze gaan open en natriumionen gaan de laatste cel binnen. De negatieve potentiaal tussen binnen- en buitenkant van de cel wordt hierdoor ineens positief en er ontstaat een actiepotentiaal. Deze wordt langs de neuronmembraan doorgegeven omdat de potentiaalverandering naburige ionkanalen opent. Is de actiepotentiaal gepasseerd, dan wordt de normale potentiaal onmiddellijk hersteld.

4. Tactiele prikkeling, de prikkeling van de tastzin, is van zeer groot belang voor de emotionele ontwikkeling van een kind.







4

gemerg gevoerd en via een synaps doorgegeven aan een motorisch neuron. Dat heeft een axon naar een spier van het bovenbeen, die trekt samen, waardoor het onderbeen naar voren schiet. De meeste schakelingen zijn veel complexer. Een prikkel als het geluid van een naderende vrachtwagen wordt doorgegeven aan motorische cellen die voor een onmiddellijke reactie zorgen (wegspringen), maar ook naar interneuronen in de hersenen voor verdere integratie en actie. Langs motorische zenuwen gaat bijvoorbeeld een signaal naar de oogspieren, waardoor we een blik op het nummerbord kunnen werpen als de vrachtwagen voorbij is. De zenuwpulsen ontstaan in het hele systeem op basis van hetzelfde principe: de selectieve permeabiliteit van de membraan van de neuronen.

Net als bij andere cellen bestaat de membraan van het neuron voornamelijk uit lipiden. Daardoor vormt hij een hindernis voor het vrije transport van wateroplosbare ionen, zoals kaliumionen, die binnen de cel in hogere concentraties aanwezig zijn dan daarbuiten, en natrium- en chloorionen, waarvoor het omgekeerde geldt. Deze chemische gradiënten worden in stand gehouden door actieve 'pompen',

bestaande uit eiwitmolekulen in de membraan, die doorgaans ATP als brandstof gebruiken. Eén zo'n pomp brengt kaliumionen de cel binnen en natriumionen naar buiten. Het resultaat van de ongelijke ionenverdeling is een elektrische potentiaal over de membraan, waarbij de binnenkant van de cel negatief geladen is ten opzichte van de buitenkant. Deze potentiaal wordt de *rustpotentiaal* genoemd en vertegenwoordigt de hoeveelheid energie die verbruikt wordt als *ionkanalen* in de neuro-membraan zich openen of sluiten.

Ionkanalen zijn buisjes omgeven door langgerekte eiwitmolekulen die het mogelijk maken dat wateroplosbare stoffen door diffusie de membraan kunnen passeren, zonder dat dat energie kost. Als de kanalen dicht zijn hebben de eiwitstrengen in tegengestelde richting gedraaide uiteinden, waardoor het middendeel wordt dichtgeknepen. Als er genoeg ionkanalen opengaan kunnen voldoende natrium- en calciumionen de cel binnendringen, waardoor de binnenkant van de membraan iets positiever geladen wordt. De membraan depolariseert en de rustpotentiaal verandert tijdelijk. Deze ladingsverandering wordt *actiepotentiaal* genoemd en de prikkelgeleiding in het ze-

nuwstelsel berust op de voortgeleiding van de actiepotentiaal langs de zenuwcel. Vlak na het ontstaan van de actiepotentiaal worden natriumionen actief de cel uit gepompt, en kaliumionen erin, zodat de rusttoestand wordt hersteld.

Wat bepaalt nu of de ionkanalen hun poorten openen of sluiten? Het antwoord hierop is om twee redenen belangrijk. Niet alleen maakt het duidelijk hoe een actiepotentiaal zich verplaatst, maar vooral ook hoe de allereerste prikkel tot stand komt, bijvoorbeeld bij druk op een mechanoreceptor. In de loop der jaren zijn twee belangrijke poortmechanismen ontdekt: de een werkt met behulp van *liganden*, de ander op basis van elektrische spanningen.

Op hun oppervlak hebben neuronen bindingsplaatsen waar bepaalde molekulen (liganden; Lat. *ligare* = binden) zich graag aan hechten. Als dat gebeurt, verandert de vorm van de bindingsplaats. Drugs en antistoffen werken als liganden, net als talloze andere door het lichaam zelf gevormde stoffen. Ionkanalen die

als *ligandpoort* functioneren worden meestal in synapsen gevonden. Als een ligand, bijvoorbeeld een neurotransmitter, zich aan het eiwit van het ionkanaal bindt, zal dat op de een of andere manier de opgerolde eiwitten ertoe aanzetten zich te ontrollen. Kalium- en natriumionen kunnen de cel nu uit, respectievelijk in, en er ontstaat een actiepotentiaal, die wordt doorgegeven met behulp van het tweede type ionkanalen, de *voltagepoorten*.

Ionkanalen van dit type openen zich als reactie op de verandering in de elektrische potentiaal van de neuronmembraan. Voltagepoorten zijn onder meer verantwoordelijk voor het ontstaan en de voortgeleiding van zenuwpulsen langs axonen. Hoewel nog niet precies bekend is hoe veranderingen in de elektrische spanning de vorm van deze ionkanalen kunnen veranderen, is duidelijk dat de depolarisatie die optreedt aanstekelijk werkt. Nabijgelegen stukjes axon worden permeabel voor natriumionen en de depolarisatie loopt als een golf langs de axonmembraan. Het lijkt op een

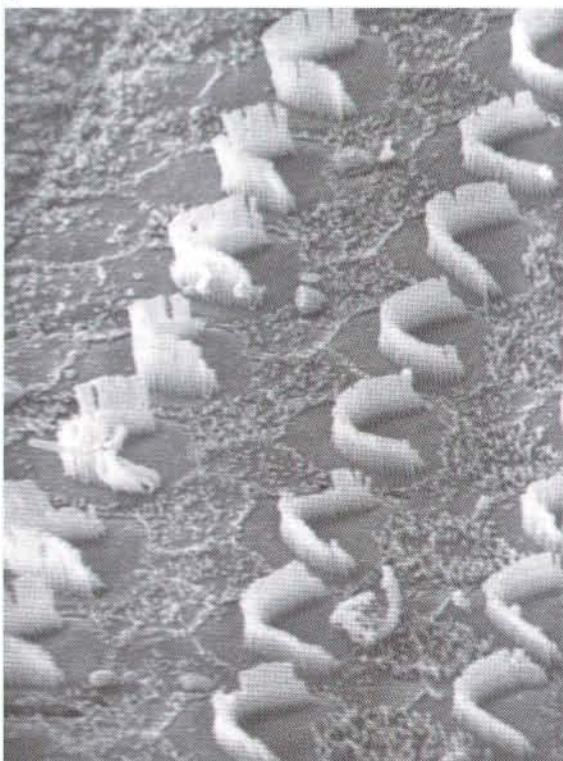
5



5. Een patch clamp is in essentie een glazen micro-pipet waarmee een zeer klein deel van de membraan van een zenuwcel gefixeerd kan worden.

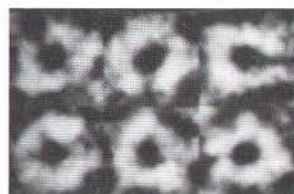
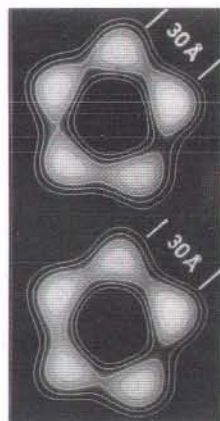
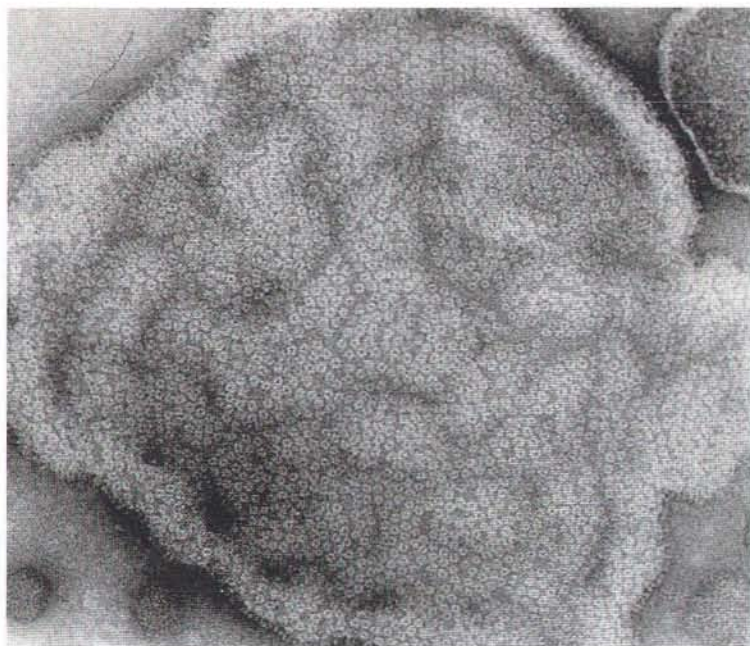
6. De haren van de haarcellen in het slakkehuis van het oor liggen in een vorm gerangschikt keurig op rijen. Wanneer de vloeistof die het slakkehuis vult in beweging komt, buigen de haren.

6

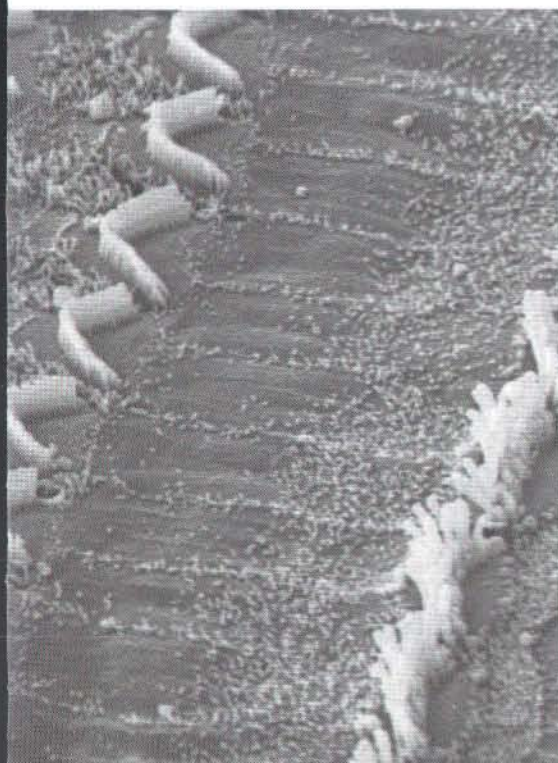


7. Op een elektronenmicroscopische opname van het elektrisch orgaan van een sidderrog zijn bij een vergroting van 140 000 maal acetylcholinereceptoren zichtbaar (grote foto). Bij een sterkere vergroting zijn witte vlekken rond een zwart centrum te onderscheiden (onder). Na computerbewerking ontstond de bovenste kleine foto. Het donkere centrum is het ionkanaal.





7



vuurtje dat over een lont loopt: langs de hele lengte van de sensorische zenuwcel openen en sluiten aangrenzende voltagepoorten zich vliegensvlug, één voor één, waardoor de actiepotentiaal wordt voortgeleid.

Neuronen en drukgevoelige receptorcellen zijn dicht bezet met ligandpoorten en voltagepoorten. Toch blijkt geen van beide typen een rol te spelen bij de allereerste omzetting van mechanische in elektrische energie, die voor de tastzin zo essentieel is.

### Weefselklem

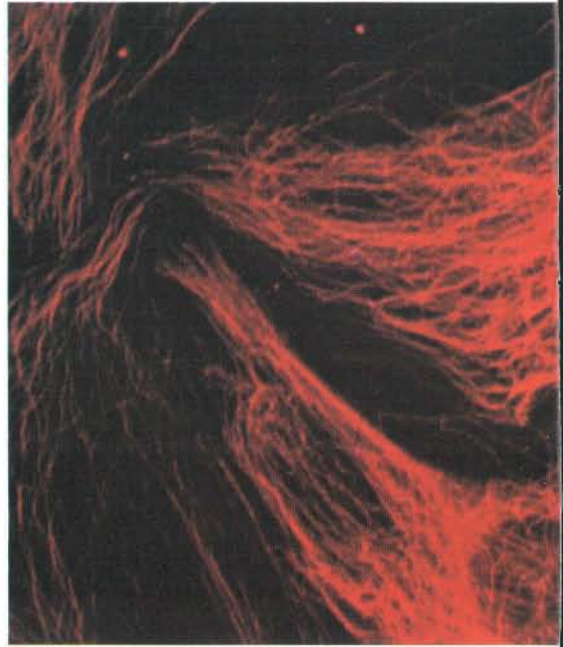
De membranen van mechanoreceptoren zitten doorgaans zo stevig vast aan de structuren die de prikkels naar hen overbrengen, zoals de steuncellen in de huid, dat het vroeger haast onmogelijk was ze afzonderlijk te bestuderen. Dat veranderde vijf jaar geleden toen mijn collega Falguni Guhary en ik ontdekten dat skeletspieren van kuikens gevoelig zijn voor mechanische prikkels. Op zich is dat al een verrassend gegeven, maar helemaal spectaculair was de ontdekking toen bleek dat er een heel nieuw type ionkanaal in het spel was. De poort wordt hier niet geopend door een ligand of een



elektrische spanning, maar door veranderingen in de membraanspanning bij rek.

Deze ontdekking was mogelijk dank zij een nieuw instrument, de *patch clamp* of weefselklem, in Duitsland ontwikkeld door de bio-fysici Ernst Neher en Bert Sakmann. Met dit instrument kan de activiteit van één ionkanaal gemeten worden en konden wij zowel de druk op de membraan als de hieruit voortvloeiende activiteit van één ionkanaal meten en het verband tussen beide vaststellen.

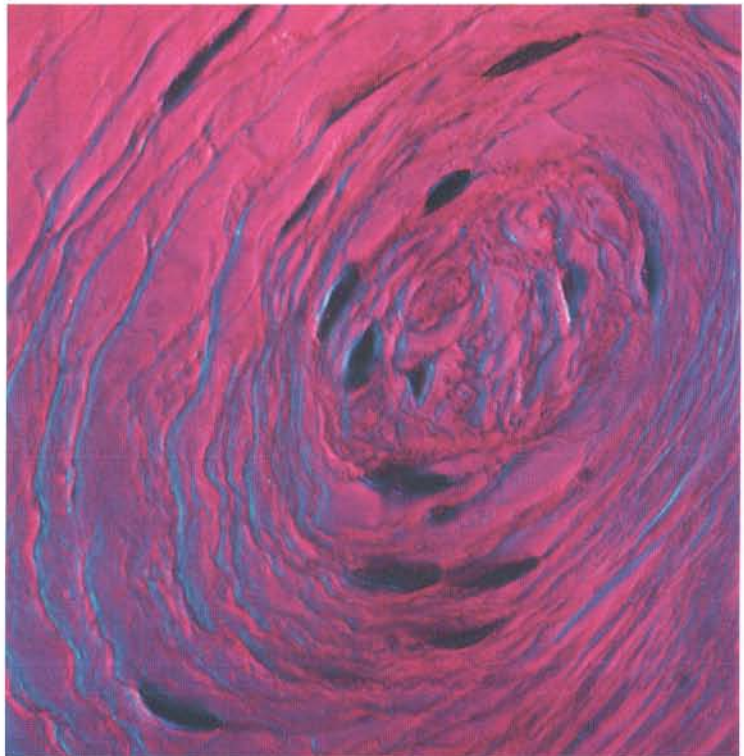
Onder normale omstandigheden wordt de membraan van een mechanoreceptor voortdurend vervormd onder invloed van de thermische beweging van de molekulen van de membraan zelf en die in de onmiddellijke omgeving. At random zullen daardoor voortdurend *rek-geactiveerde kanalen* opengaan, maar het zijn er nooit genoeg om een actiepotentiaal op te wekken. Hiervoor is extra mechanische druk nodig en die wordt geleverd wanneer we met bijvoorbeeld een vingertop de huid aanraken. Voor het bundelen van de drukkrachten



9

8. Een van de tastzintuigen dat onder andere in de huid ligt is het lichaampje van Vater-Pacini, hier in beeld gebracht met een interferentiemicroscop. Een dergelijk lichaampje registreert vooral druk en rek, is één tot vier millimeter groot en bestaat uit een zenuwending met concentrisch daaromheen cellen, waarvan een aantal kernen zichtbaar zijn. Er bestaan verschillende typen gevoelslichaampjes, die buiten druk en rek, ook kou, warmte en pijn registreren.

8



9. Het cytoskelet. Met behulp van speciale technieken is het mogelijk de eiwitdraden die te zamen het cytoskelet vormen, zichtbaar te maken. Deze draden vormen een netwerk dat op diverse plaatsen met de membraan en rek-actieveerde ionkanalen is verbonden. Vervormingen van de cel worden vermoedelijk via dit netwerk doorgegeven.





is een mechanisme in de receptorcel nodig. Het meest hiervoor in aanmerking komt het *cytoskelet*, een netwerk van eiwitstrengen en -buisjes dat in iedere cel aanwezig is.

Het cytoskelet zorgt er onder andere voor dat de cel zijn vorm behoudt, ongeveer zoals ons geraamte de vorm van het lichaam in stand houdt. Sommige strengen van het cytoskelet vormen een los netwerk evenwijdig aan het celoppervlak. Waar deze strengen elkaar kruisen, hechten ze zich aan elkaar. Ook hechten ze aan organellen in de cel, de membraan en aan de rekgevoelige ionkanalen. Als er nu op één plaats in de cel druk wordt uitgeoefend, dan verplaatst de mechanische energie zich via het aldus ontstane netwerk naar een nabijgelegen ionkanaal. De energie van een aantal strengen is al genoeg om het ionkanaal te openen. Zoals al eerder is vermeld, speelt dit mechanisme niet alleen een rol bij de tastzin, maar ook bij het gehoor.

Als een moeder haar dochtertje binnen roept, zullen de geluidsgolven het trommelvees van het meisje treffen en in trilling brengen. Aan de binnenzijde van het trommelvees zitten de gehoorbeentjes, hamer, aambeeld en stijgbeugel, die dan ook gaan trillen. Daar-

door komt de vloeistof in het slakkehuis, een spiraalvormige gewonden orgaan in het binnenoer in beweging. In het slakkehuis zitten mechanoreceptoren die met fijne haren in deze vloeistof steken en mee gaan bewegen. De kleine rukjes die de receptoren (haarcellen) daardoor 'voelen' zijn voldoende om de rekgeactiveerde ionkanalen te openen. Kaliumionen stromen de receptorcel uit, deze depolariseert, waardoor de ionkanalen van het type voltagepoort open gaan. Calcium stroomt dan de haarcellen binnen en dat is het sein om een neurotransmitter af te geven, die zich aan de ligandpoorten onder de ionkanalen van de gehoorzenuw binden. Natriumionen kunnen daardoor de axonen van de neuronen in de gehoorzenuw binnendringen. Hun membraan raakt gedepolariseerd, naburige voltagepoorten springen open, geven de prikkel door en uiteindelijk komt de actiepotentiaal in de hersenen terecht, waardoor het kind zich realiseert dat het geroepen wordt. Dit hele proces voltrekt zich in een fractie van een seconde.

### Inwendige prikkels

Het gehoor en de tastzin reageren op van buiten het lichaam afkomstige prikkels en dragen ertoe bij dat we ons van onze omgeving bewust zijn. Andere soorten drukgevoelige receptoren functioneren ongemerkt, maar zijn daarom niet minder belangrijk voor ons leven. Een voorbeeld vormen de receptoren die *proprioceptie* mogelijk maken, dat is de gewaarwording van de houding van armen, benen en andere lichaamsdelen. Zonder een strak gereguleerd samenspel van grote hoeveelheden rekgeactiveerde ionkanalen zou zelfs de meest eenvoudige gecoördineerde beweging, bijvoorbeeld het oprapen van een potlood, onmogelijk zijn. Sommige van deze ionkanalen bevinden zich in het evenwichtszintuig, in de halfcirkelvormige kanalen van het binnenoer. Andere huizen in gewrichten, spieren en pezen en geven ons de houding van de ledematen door.

Het sensorisch apparaat van de halfcirkelvormige kanalen is vrijwel identiek aan dat van het slakkehuis. De kanalen zijn gevuld met een vloeistof die in beweging komt, alleen nu onder invloed van de versnelling die optreedt als het hoofd bewogen wordt. De in haarcellen opgewekte actiepotentialen worden eveneens naar de hersenen gevoerd, daar verwerkt en

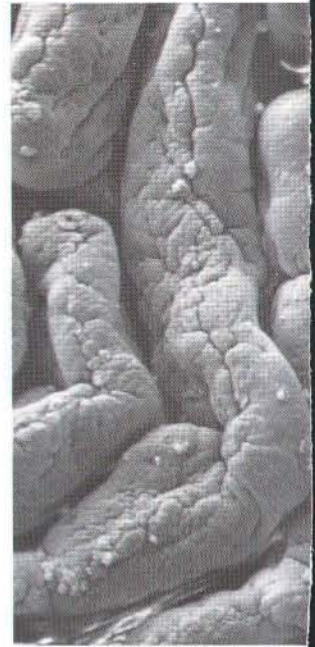


zonodig vertaald in motorische prikkels naar de spieren. Als het meisje uit het vorige voorbeeld naar voren rent om een bal op te vangen, zal bij iedere stap haar hoofd omhoog komen. Dit wordt geregistreerd in het evenwichtssorgaan dat een bericht naar de hersenen stuurt. Als reactie daarop zullen van de hersenen motorische prikkels uitgaan, die ervoor zorgen dat de bal midden op het netvlies van het oog geprojecteerd blijft, ondanks de positieverandering van het hoofd.

Om de bewegingen van hoofd, romp en ledematen te kunnen reguleren, moet het centraal zenuwstelsel op de hoogte zijn van de hoek die de ledematen ten opzichte van de romp hebben, de lengte en spanning van iedere spier en de snelheid waarmee iedere variabele verandert. Zo is voor het buigen van een arm allereerst nodig dat de hersenen aan de *flexoren*, voornamelijk de biceps, bevel geven zich samen te trekken, terwijl de *extensoren*, zoals de triceps, zich moeten ontspannen. De rijkelijk van mechanoreceptoren voorziene spier-

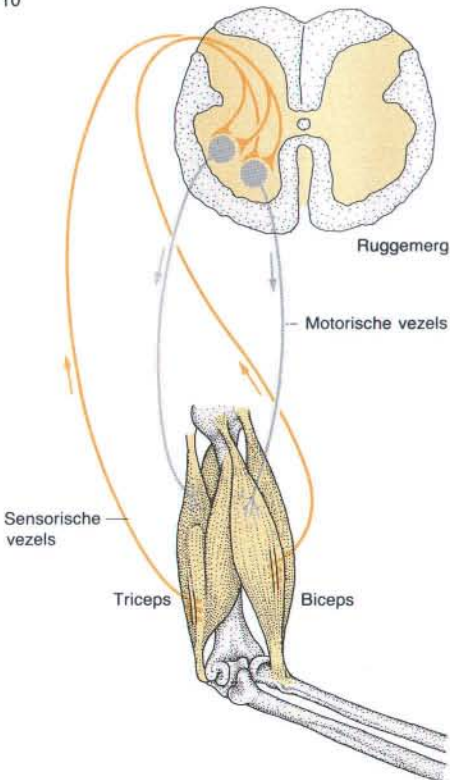
10. Voor het buigen van de arm moet de biceps zich samentrekken, terwijl de triceps zich dient te ontspannen. Tijdens de beweging geven spierspoeltjes in deze spieren voortdurend via sensorische vezels informatie over de spanning in de spier aan het centraal zenuwstelsel, waar voor de verdere coördinatie van de beweging gezorgd wordt.

11. In de wanden van holle organen in het lichaam, afgebeeld is de binnenwand van de twaalfvingerige darm, bevinden zich talloze rek-geactiveerde receptoren die informatie over de activiteit van het orgaan doorgeven aan de hersenen.



11

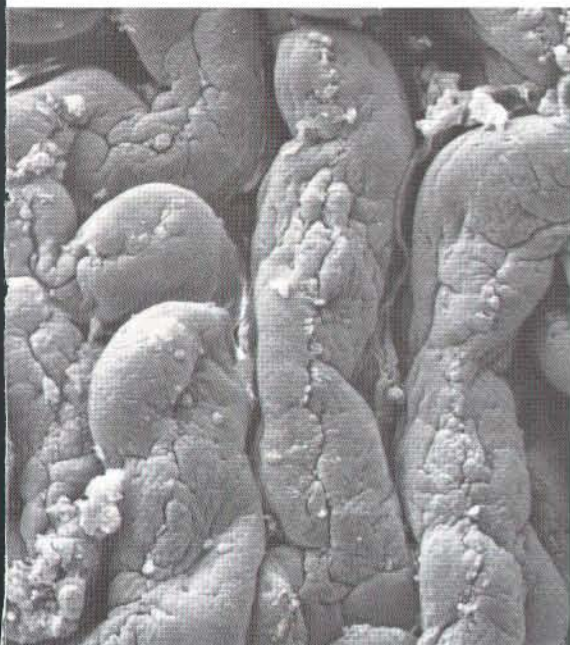
10



spoeltjes melden minieme veranderingen in de spanning van de spier, de snelheid en de versnelling daarvan. De prikkels uit deze receptoren komen in motorische centra in de hersenen, waar de eigenlijke beweging vergeleken wordt met de gewenste. Zo nodig gaan dan corrigerende prikkels naar de armspieren. De bij proprioceptie betrokken mechanoreceptoren zijn zo belangrijk, dat hun informatie door de grootste en snelste sensorische neuronen vervoerd wordt.

Nog fundamenteeler dan proprioceptie is *interoceptie*, het gewaarworden van inwendige druk in het lichaam. Mechanoreceptoren in de wanden van holle organen en vaten helpen het centraal zenuwstelsel bij het regelen van de bloeddruk, de snelheid en kracht van hartcontracties, de hoeveelheid bloed, het samentrekken of uitrekken van haarvaten en de activiteit van maag, darmen en blaas. Zelfs de regeling van de osmotische waarde in het bloed vindt plaats door middel van rekgevoelige ionkanalen. Als de osmotische waarde afneemt, bijvoorbeeld door een daling van het zoutgehalte van het bloed, dan zwelt een aantal neuronen in de hersenen op, hun membraan rekt uit en actiepotentialen worden opgewekt die de her-





senen laten weten dat er een prikkel naar de nieren moet om ervoor te zorgen dat deze meer zout vasthouden. Als dat gebeurt kan de osmotische waarde zich weer herstellen.

Zelfs cellen die geen deel uitmaken van het zenuwstelsel kunnen drukgevoelig zijn. Eicellen bijvoorbeeld zitten vol rek-geactiveerde ionkanalen. Dat lijkt een overbodige luxe, tenzij deze kanalen op de een of andere wijze bijdragen aan de belangrijkste activiteit van de cel: celdeling. Daarbij denkt men aan de rol van calcium bij de opbouw van het cytoskelet. De druk die bij deling ontstaat zou de calciumkanalen kunnen openen, waardoor Ca-ionen kunnen werken aan de voor deling noodzakelijke reorganisatie van het cytoskelet.

Het is vast geen toeval dat de enige cellen waarop nooit rek-geactiveerde ionkanalen zijn aangetroffen, kankercellen zijn. Het ontbreken daarvan zou met het ontstaan van tumoren of ongeremde celgroei in verband kunnen staan. Men kan zich voorstellen dat wanneer een cel groeit en de membraan uitgerekt wordt, bepaalde ionkanalen open gaan en een signaal aan de cel zelf geven om met de aanmaak van cytoplasma op te houden voordat ze barst. Zonder dat signaal zou – behalve desintegra-

tie – celdeling het enige alternatief zijn. Dan zou niets meer de ongeremde vermenigvuldiging van deze en andere cellen in de weg staan.

Zo speelt de oudste vorm van zintuiglijke waarneming misschien niet alleen een belangrijke rol aan het begin van ons leven, maar ook aan het eind. Zelfs als mocht blijken dat het ontbreken van rek-geactiveerde kanalen geen factor is bij het ontstaan van kanker, dan nog worden we bij het sterven met het primaire karakter van de tastzin geconfronteerd. Het is vaak de laatste zin die uitdooft. Eigenlijk is het niet zo vreemd dat we op zulke momenten op de tastzin terugvallen, de hand van de stervende vasthouden, en bij het afscheid-voor-altijd zeggen dat we het contact verloren hebben.

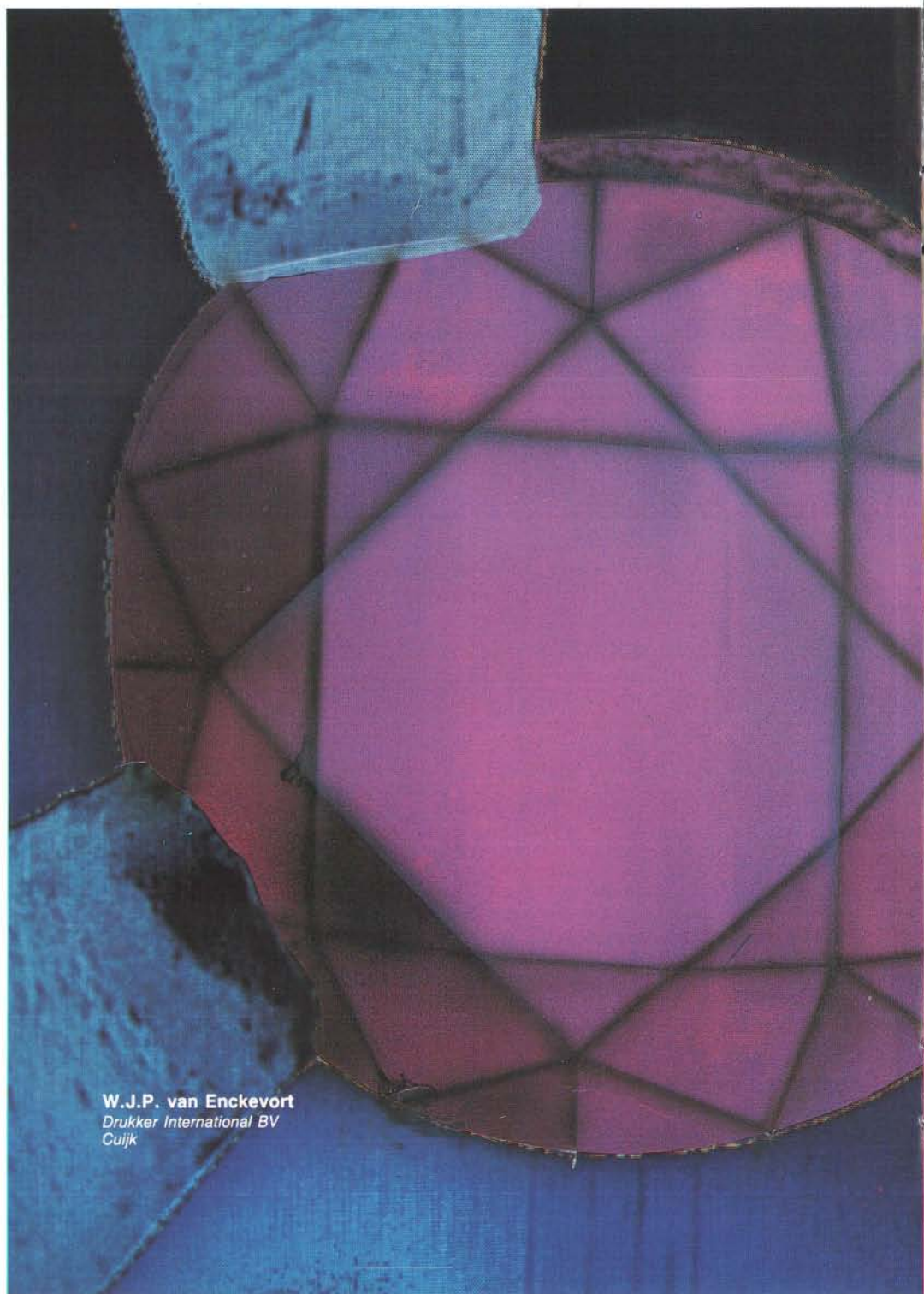
Dit artikel is eerder gepubliceerd in het januari/februarinummer 1988 van *The Sciences*, een uitgave van de New York Academy of Sciences. Het werd voor ons vertaald door mw. drs A. Veerman uit Amsterdam.

#### Literatuur

- Wit, HP. Het oor - Een ongehoord ingewikkeld zintuig. *Natuur & Techniek* 1984: 52; 11, 838-849.  
Wit, HP. Balans en beweging - De werking van het evenwichtsorgaan. *Natuur & Techniek* 1988: 56; 3, 174-185.

#### Bronvermelding illustraties

- Taeke Henstra, Heerlen: pag. 110-111, 4.  
Blindeninstituut Sonneheert, Ermelo: 1.  
Dr C. Stumm, K.U. Nijmegen: 2.  
Dr E. Neher, Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie, Göttingen: 5.  
Uit Kessel R. en Kardon R.: *Cellen, weefsels en organen*, Maastricht: *Natuur en Techniek*, 1983: 6, 11.  
Dr M. Giersig, Freie Universität Berlin: 7.  
Lennart Nilsson, Stockholm: 8.  
Dr M. De Brabander: *Janssen Pharmaceutica*, Beerse: 9.



**W.J.P. van Enckevort**  
*Drukker International BV*  
*Culijk*





# Diamant

## SCHITTERENDE TOEPASSINGEN

Diamant is een zeldzaam kristal dat, na bewerking, een veelbegeerd juweel is, vooral door de ongeëvenaarde schittering die het vertoont. Die schittering vertoont diamant door een aantal eigenschappen die het ook bij uitstek geschikt maakt voor speciale toepassingen in natuurwetenschappelijk onderzoek, de techniek en de geneeskunde. Ook voor de onderzoeker en de medicus is diamant soms een juweel.

De kleinste briljant ter wereld, gezien door een elektronenmicroscop. Diamant is het hardste materiaal dat bekend is: deze geslepen diamant heeft dan ook zeer platte vlakken en is nergens 'rafelig'. Dit in tegenstelling tot de metalen klemmetjes waar de briljant mee is vastgeklemd.

De structuur waarin diamant is gekristalliseerd is vernoemd naar het beroemdste materiaal dat in die structuur voorkomt. De kristalstructuur van diamant heet dus de *diamantstructuur*. Het kleinste blokje waaruit door stapeling het kristal kan worden opgebouwd, de *eenheids-cel*, heeft de vorm van een kubus. Men spreekt dan van een kubische kristalstructuur. Een diamant bestaat uit een groot tetrahedraal geordend netwerk koolstofatomen, waarin ieder atoom door covalente bindingen aan vier andere koolstofatomen vast zit. Diamant is in feite één groot molecuul met een afmeting van soms wel enkele cm<sup>3</sup>. Eenmaal gevormd is deze zeer stijve constructie moeilijk van vorm te veranderen of te breken. Een diamant kan bij kamertemperatuur dan ook niet plastisch gedeformeerd worden, wat wil zeggen dat hij onderworpen aan druk of trek blijvend van vorm zou veranderen. Men kan diamant dus niet 'kneden', smeden of walsen. Elastische deformatie is wel mogelijk, totdat bij een hoge kritische spanning breuk optreedt.

Zuiver diamant bestaat geheel uit koolstof, dat gewoonlijk niet in de diamantstructuur kristalliseert, maar in de hexagonale *grafietstructuur*. Grafietkristallen bestaan uit lagen sterk met elkaar verbonden zeshoekige koolstofketens. De lagen zitten onderling niet met chemische bindingen aan elkaar vast; ze worden bij elkaar gehouden door zwakke Vander-Waalskrachten. Dit betekent dat de lagen makkelijk langs elkaar schuiven en de kristallen heel zacht zijn. Daarom is grafiet bij ons vooral bekend als potlood en smeermiddel.

In diamant zijn de atomen met elkaar verbonden door enkelvoudige (verzadigde) koolstofbindingen. In grafiet echter zijn ze binnen de hexagonale laag gebonden met '1,5-voudige' bindingen, analoog aan de situatie bij benzeen. De energie van de meervoudige bindingen is in grafiet zó groot dat, ondanks het feit dat ieder koolstofatoom minder bindingen heeft dan in diamant, de totale chemische bindingsenergie per atoom toch iets hoger is dan in diamant. Dit betekent dat grafiet stabiel is dan diamant, en koolstof bij atmosferische druk dus als grafiet kristalliseert.

Diamant is dus metastabiel. Een aan zijn lot overgelaten diamant zal vroeg of laat transformeren naar grafiet. Gelukkig moet voor deze omzetting een tussentoestand met een hoge activeringsenergie van  $730 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  ingeno-

## Synthetische diamant

In 1797 bewees Smithson-Tennant dat diamant bestaat uit niets anders dan zuivere koolstof. Een eeuw later bleek uit de destijds juist ontwikkelde leer der thermodynamica, dat een – lucratieve – omzetting van grafiet naar diamant mogelijk moest zijn door toepassing van hoge drukken. Vele onderzoekers ondernamen pogingen die theorie in praktijk te brengen. Na vele mislukkingen en valse claims slaagde in 1953 een onderzoeksgroep aan het ASEA Laboratorium te Stockholm erin diamant te maken. Ze deden dit door onder zeer hoge druk van ongeveer 6 GPa en bij 1450°C koolstof op te lossen in een metaal-smelt en dit te laten uitkristalliseren als diamant. Eerdere experimenten om grafiet bij hoge drukken rechtstreeks in diamant om te zetten mislukten, omdat die overgang extreem traag verloopt door de hoge activeringsenergie. Introductie van een tussenfase

### INTERMEZZO I



1. Diamantslijpen en -polijsten waren technieken die de diamantbewerkers

al in de Middeleeuwen beheersten en veelvuldig toepasten.

2 en 3. In diamant (2) is ieder koolstofatoom gebonden aan vier andere, op dezelfde afstand gelegen nabuuraatomen. Deze tetraëdrische omringing van koolstof is dezelfde als

we uit de organische chemie kennen bij een sp<sup>3</sup>-gehybriseerd koolstofatoom. In grafiet (4) is het koolstofatoom sp<sup>2</sup>-gehybriseerd, als in benzeen.

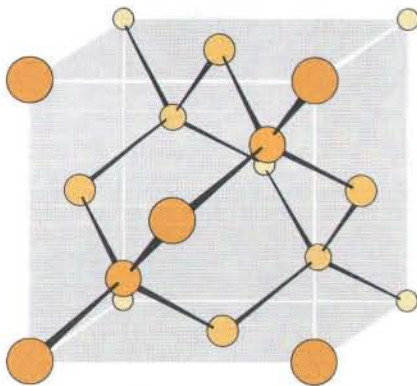


van opgeloste koolstof geeft een verlaging van de activeringsenergie: de metaalsmelt heeft een soort katalysatorwerking. Daar de vorming van diamant uit de gesmolten metaaloplossing verloopt via een kristallisatieproces, is het mogelijk om grote en vrij zuivere kristallen, geschikt voor high-tech toepassingen (oogmessen, heatsinks, anvils en precisiebeitels) te verkrijgen. Door hun gele kleur zijn synthetische diamanten niet geschikt als juweel.

Een tiental jaren geleden slaagde een Russische onderzoeksgroep erin om dunne, microkristallijne diamantlagen op diverse materialen te groeien via gasfasedepositie van methaan in een waterstofatmosfeer bij circa 800°C. Dit proces speelt zich af bij zeer lage drukken van ongeveer 1 kPa. Volgens de thermodynamica zou nu alleen het stabiele grafiet moeten worden gevormd. De 'truc' om toch dia-

mant te verkrijgen is om door middel van gasontlading of thermische ontleding het di-atomaire waterstof te splitsen in reactieve mono-atomaire waterstof, dat onverzadigde bindingen in grafiet attaqueert en verzadigt. Hierdoor wordt de vorming van grafiet verhinderd en kan alleen diamant ontstaan. Theoretisch onderzoek in Cuijk en Nijmegen heeft aangetoond, dat de mono-atomaire waterstof ook een sleutelrol speelt in het verwijderen van aan het diamantoppervlak geadsorbeerd waterstof, waardoor plaats vrijkomt voor aanhechting van koolwaterstof eenheden voor verdere groei.

Op het ogenblik proberen vele industrieën en laboratoria met deze techniek dunne diamantfilms te maken. Het voornaamste oogmerk is de productie van goedkope, ultraharde coatings, die resistent zijn tegen alle chemische invloeden.

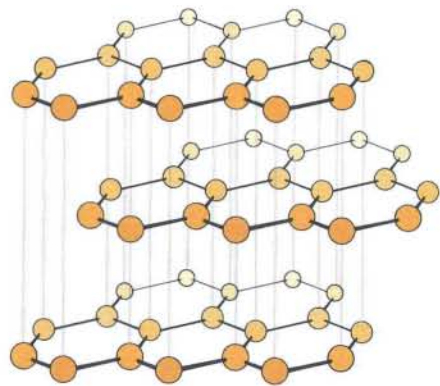


Diamant

2

men worden, waardoor het conversieproces extreem langzaam verloopt. Bij kamertemperatuur duurt het ongeveer  $10^{106}$  jaar voordat een diamant gegratiseerd is. Zelfs ten opzichte van de  $20 \cdot 10^9$  jaar die ons heelal bestaat is dat extreem lang. Voor beleggers geen reden tot paniek dus! Bij hoge temperatuur verloopt grafitisering wel snel: bij 2100°C duurt de kapitaalvernietiging maar één minuut.

Diamant heeft een compactere atoomstapeling dan grafiet, wat wil zeggen dat het molaire volume van diamant kleiner is. Diamant heeft een dichtheid van  $3,52 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , grafiet van  $2,27 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . De thermodynamica leert dat de



Grafiet

3

fase met het kleinste molair volume stabiel wordt bij hoge druk. De energiewinst geboekt door volume-arbeid, de verkleining van het produkt van druk en volume, wordt dan groter dan het verschil in chemische bindingsenergie. Dit is ook het geval bij diamant, dat bij kamertemperatuur voor drukken groter dan 1,6 GPa stabiel wordt ten opzichte van grafiet. Dit betekent dat koolstof in principe bij hoge druk uitkristalliseert in het diamantrooster.

In de natuur komen de voor de diamantvorming vereiste hoge drukken alleen voor op een diepte van meer dan 175 km beneden het aardoppervlak. Indien aldaar de vloeibare magma

oververzadigd raakt aan koolstof, kristalliseert diamant uit. Af en toe wordt via een vulkaanuitbarsting wat diamant naar boven gebracht. In oude vulkaanpijpen is daarom soms diamant te vinden. Deze vindplaatsen zijn echter schaars en vanwege hun kleine oppervlak van maar enkele hectaren ook nog moeilijk te lokaliseren. Dit maakt diamantkristallen zeldzaam en dus duur, hoewel het uitgangsmateriaal geen waarde heeft.

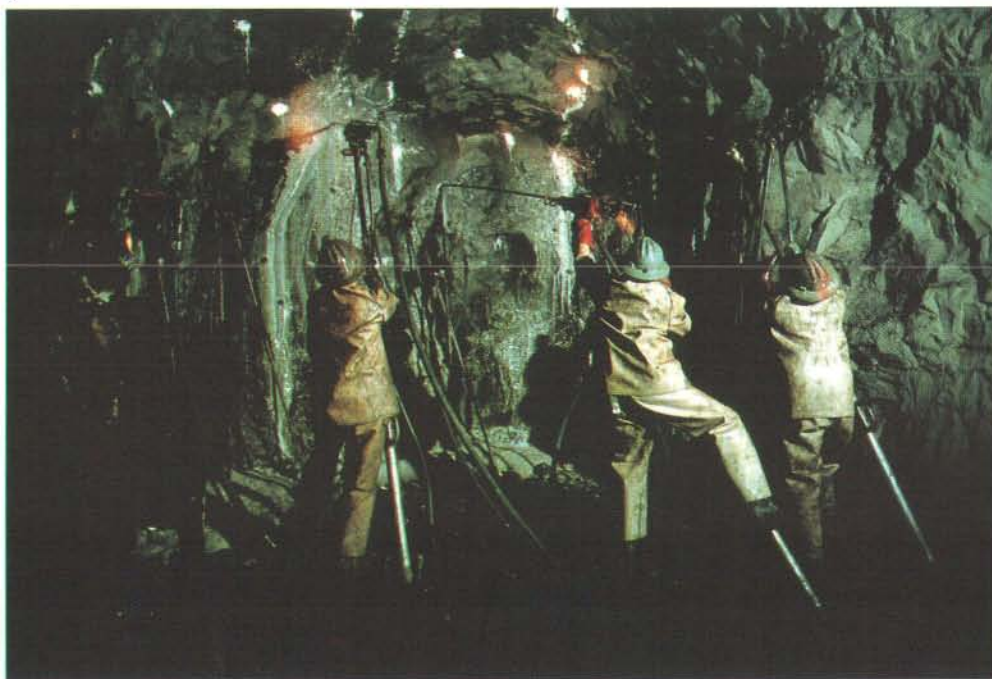
### Hoge-drukanvils

Net zoals de kristallen van koolstof veranderen vele elementen en verbindingen van structuur en eigenschappen door toepassing van hoge drukken. Ze rangschikken zich in een atomaire ordening met een kleiner volume, ook al gaat dit ten koste van de minimale bindingsenergie. Een voorbeeld is jodium, dat bij een druk van ongeveer 20 GPa (200 kbar) van een elektrisch matig geleidend kristal, opgebouwd uit di-atomaire  $I_2$ -molekulen, overgaat in een goed geleidende metallische fase, waarin atomair jodium compacter is gestapeld. De hogedrukfysica bestudeert dergelijke faseovergan-



5

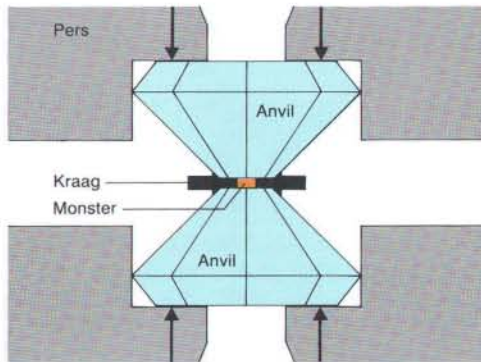
4







6



7

4. Diamantwinning gebeurt soms aan het oppervlak, in rivierbeddingen meestal, waar sedimenten uit vulkanische gebieden liggen. Er zijn echter ook enkele rijkere vindplaatsen, waar winning in diepe mijnen plaatsvindt. In Zuid-Afrika, Australië en Siberië liggen de voornaamste vindplaatsen.

5, 6 en 7. Hoge-drukanvils (6) zijn in staat om enorme drukkrachten op een klein oppervlak te concentreren (7). Onderzoekers willen graag weten hoe stoffen zich onder hoge druk gedragen om de processen te kunnen ontrafelen die zich in het binnenste van de aardkorst afspeelen, maar ook om de eigenschappen van nieuwe materialen te kunnen vaststellen. Diamant heeft als bijkomend voordeel dat het monster onder hoge druk bestudeerd kan worden (5).

gen door materie, geplaatst onder extreme druk te onderzoeken met diverse spectroscopische technieken.

Diamant is het hardste metaal dat bekend is. De in laboratoria allerhoogst bereikbare drukken van 10 GPa tot 5 TPa zijn te realiseren tussen een paar diamanten *anvils*, geplaatst in een pers. Een anvil (Engels voor aambeeld) lijkt op een briljant met een vlakgeslepen top. De druk die een pers kan leveren wordt door gebruik van anvils verhoogd met een factor die gelijk is aan de verhouding tussen de oppervlakten van de basis en de top van een anvil. Het te onderzoeken materiaal plaatst men tussen de twee colletten, binnen een afsluitring van zacht metaal.

De hoogst bereikbare druk wordt bepaald door de breeksterkte van de anvils. Volgens de mechanische theorie die Griffith omstreeks 1920 opstelde, begint materiaalbreuk vrijwel altijd bij oppervlaktebeschadigingen. Nabij de uiteinden van een kerf op een oppervlak zal bij belasting altijd spanning accumuleren. De trekspanning neemt er toe naarmate de kerf

langer en scherper is, en kan gemakkelijk het duizendvoudige bedragen van de aangelegde spanning. Indien deze lokale spanning groter is dan de bindingssterkte tussen de atomen of molekulen, wordt de kerf langer en dieper; de spanningsopbouw neemt verder toe en het proces versnelt zich. Tenslotte breekt het materiaal. Door de aanwezigheid van oppervlakte-defecten kan de breeksterkte van een materiaal een aantal orde-groottes verminderen. Het is dan ook primair een vereiste dat de oppervlakken van diamanten anvils zeer zorgvuldig worden gepolijst, willen ze een optimale sterkte bereiken.

Naast zijn hardheid heeft diamant als anvil-materiaal nog het enorme voordeel dat het genoeg transparant is voor röntgen-, UV- en IR-straling en voor zichtbaar licht. Hierdoor is het mogelijk om met röntgendiffractie de kristalstructuur van een hoge-drukfase te bepalen, terwijl het gedrag der bindingselektronen kan worden onderzocht met behulp van optische transmissie en met fluorescentie- en Raman-spectroscopie.

## Snijden

In essentie is snijden het uitrekken van een relatief zacht materiaal over de snijrand van een mes, totdat het de kritische trekspanning overschrijdt en scheurt. Afbeelding 7 toont de vervorming van een oppervlak onder invloed van een mes met topradius  $r$ , dat met een kracht van  $F$  omlaag wordt gedrukt. In het gebied waar mes en oppervlak elkaar raken is het te snijden materiaal samengedrukt en kan het niet scheuren. Daarbuiten is het echter uitgerekt en wel maximaal nabij de beide grenzen van het contactgebied. Op één van deze twee plaatsen zal het oppervlak openscheuren, zodra  $F$  groter is dan een kritische waarde  $F_c$ . Hertz maakte in 1882 een wiskundige analyse van de mechanica van een snijdend mes waarvan het scherp van de snede een cirkelvorm heeft. De breedte van het contactgebied tussen mes en oppervlak is dan evenredig met  $r$ , terwijl de kritische snijkracht  $F_c$  evenredig is met  $r^2$ . Praktisch betekent dit dat het alleen met een scherp mes mogelijk is om een smalle incisie te maken met minimale krachtsuitoefening. Dit is bij precisiewerk noodzakelijk.

Een scherp mes heeft een kleine topradius. Zo'n mes is moeilijk te maken. Uit de oppervlaktefysica is bekend dat de vorming van een sterk gekromd oppervlak energie kost, omdat bij gelijkblijvende massa het totale oppervlak,

en dus het aantal verbroken bindingen, wordt vergroot. Daar de totale energie van een systeem streeft naar een minimale waarde, zal een gekromd oppervlak de neiging tonen om zijn kromtestraal te vergroten. Er heerst een kracht die voor de snijrand van een mes gelijk is aan het quotiënt van de oppervlakte-energie en de topradius (afb. 7). Bij metalen of glazen messen zijn de atomen mobiel via plastische deformatie of oppervlakediffusie en zal een zeer scherpe top spontaan of gedurende het snijden stomper worden. Diamant is echter hard en niet plastisch deformeerbaar. Eenmaal gevormd zal een scherpe rand van diamant – behoudens slijtage – scherp blijven. De minimale topradius van een diamant is en blijft dan ook één à twee ordes van grootte kleiner dan die van een metalen snijrand.

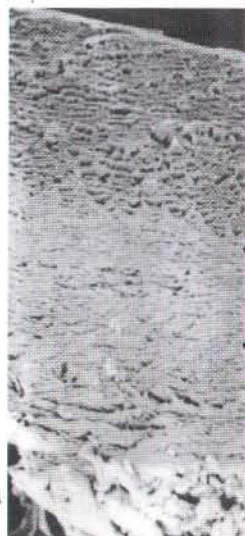
### *Chirurgisch snijgereedschap*

Het gegeven dat het mogelijk is om extreem scherpe randen met een radius van enkele tot enkele tientallen nanometers aan te brengen op diamant, maakt dit materiaal bij uitstek geschikt als snijblad voor chirurgische messen (afb. 11). Een snee van een diamantmes is aanzienlijk minder breed dan bij gebruik van een metalen scalpel (afb. 5 en 6). De weefselbeschadiging is navenant geringer, waardoor operatiewonden sneller herstellen en er minder littekens achterblijven. Zo is gebleken dat het

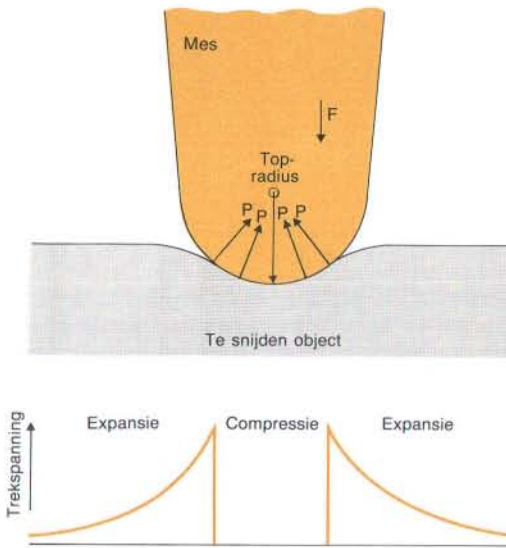
8



9







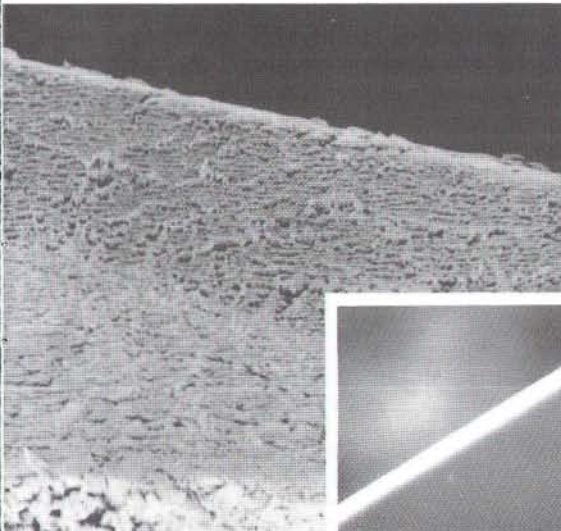
10

8 en 9. Het scherp van een metalen mes is veel grover (inzet van 8) dan dat van een diamanten lemmer (inzet 9). Als gevolg daarvan

is met een metalen mes gesneden weefsel veel rafeliger (8) dan wanneer het met een diamanten mes is gesneden.

10. Hoe scherp het mes ook is, uiteindelijk heeft het snijblad een rond snijvlak, al is het maar enkele atomen dik. Waar mes en

materiaal niet scheuren; op twee plaatsen net ter weerszijden daarvan wel. Hoe ronder dus de top, des te grilliger wordt de snede.



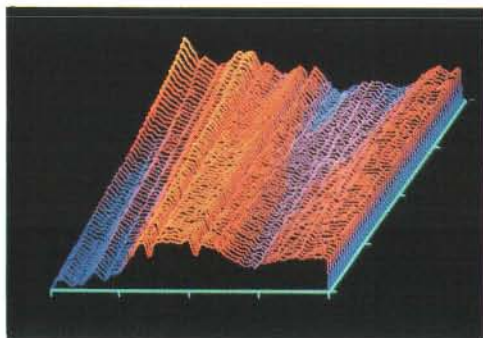
gebruik van diamantmesjes bij hoornvlies-transplantaties de kans op mislukking terugbrengt van 5 tot 1%. De grote scherpte van diamantmessen heeft als tweede voordeel dat met zeer geringe krachtsinspanning kan worden gewerkt, waardoor het oppervlakteweesel tijdens het snijden niet wordt vervormd. Dit maakt microchirurgisch opereren mogelijk. Bovendien is de diepte van een snede veel nauwkeuriger te controleren. Tenslotte is diamant bij kamertemperatuur chemisch volledig inert en is het dus niet giftig voor levend weefsel.

Vooraf oogchirurgen maken veelvuldig gebruik van diamantmessen, bijvoorbeeld bij het operatief verhelpen van grauwe staar, het verlies van gezichtsvermogen veroorzaakt door een vertroebeling van de ooglenzen. De oogchirurg maakt hierbij een incisie in het hoornvlies, verwijdert de zieke lens die zich achter de oogpupil bevindt en vervangt deze door een substituuut van kunststof, meestal perspex. Deze operaties vereisen hoge precisie en worden uitgevoerd met behulp van een operatiemicroscoop. Andere oogoperaties, waarbij vaak diamantmessen worden gebruikt zijn radiale keratotomie en hoornvliestransplantaties. Radiale keratotomie is een operatieve methode om bijziendheid te corrigeren, waardoor het dragen van een bril of contactlenzen overbodig wordt. Bij deze ingreep maakt de chirurg in het hoornvlies een aantal insnijdingen, waarvan de lengte en de diepte van te voren nauwkeurig zijn berekend. Hierdoor neemt de kromming van het hoornvlies af, zodat de brandpuntafstand van de lens vergroot en de bijziende patiënt beter kan zien. Deze operatieve lenscorrectie is nogal omstreeden, omdat er wordt ingegrepen op een gezond orgaan zonder dat de lange-termijneffecten bekend zijn. De laatste jaren vinden diamantscalpels ook steeds meer toepassing bij andere microchirurgische ingrepen, zoals bij ader-, pees- en hersenoperaties.

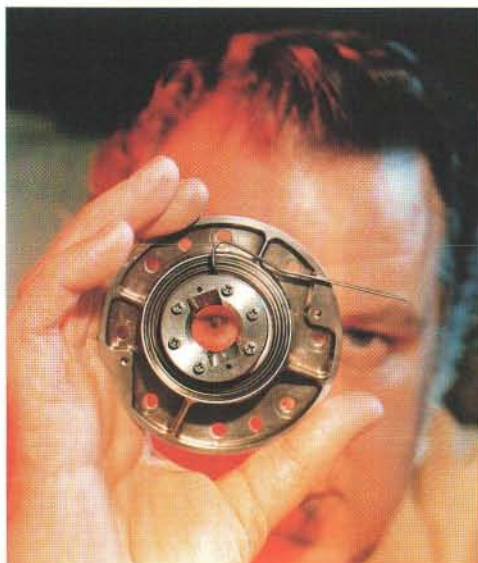
Bij de productie van diamanten snijbladen voor scalpels wordt een reeks in Intermezzo II beschreven diamantbewerkingstechnieken toegepast. Eerst zaagt de diamantbewerker dunne platen van enkele tienden millimeters dikte uit tamelijk grote ruwe diamanten. Nadat het boven- en ondervlak van deze platen zijn gepolijst op een slijpschijf, wordt het lemmer met een Nd-YAG laser uitgesneden. Tenslotte sol-

11 en 12. Diamanten vensters zijn corrosiebestendig en dus uitermate geschikt om door te kijken naar materiaalvriendelijke milieus. Het venster (9) is gebruikt in de ruimte-sonde Pioneer die een tiental jaar geleden de

dampkring van Venus binnenvloog. Een diamanten venster moet zeer vlak zijn. In 8 zijn met een micro-interferometer slijpsporen op een oppervlak van 1 mm<sup>2</sup> zichtbaar gemaakt. Het maximale hoogteverschil in dit stukje was 45 nm.



11



12

deert of lijmt men het mes in een metalen houder en slijpt het. Omdat de produktiemethode erg flexibel is kunnen de messen in allerlei vormen worden gemaakt, ook voor niet-medische toepassingen.

Een heel bijzondere toepassing van diamant als snijgereedschap is het microtoommes, waarmee extreem dunne plakken zijn te snijden, vooral van biologisch materiaal voor onderzoek met behulp van een elektronenmicroscoop. Om daarmee te kunnen zien, moeten de preparaten tussen de 40 nm en 1  $\mu$ m dik zijn, zodat ze doorlaatbaar zijn voor de gebruikte elektronenbundel. Om dergelijk dunne plakken zonder beschadigingen te kunnen snijden moeten de diamantmessen extreem scherp en vrij van kartels zijn.

### Imperfecties

Een zuivere diamant, een die vrij is van kristalfouten, is een illusie. In alle diamanten wordt de periodiciteit van het kristalrooster verstoord door defecten, die we onderscheiden in *vacatures*, *dislokaties* en *stapelfouten*. Daarnaast zijn de koolstofkristallen altijd verontreinigd met diverse elementen, zoals stikstof, waterstof, zuurstof en koolstofisotopen. De wetenschappelijke classificatie van diamant is gebaseerd op het voorkomen van de belang-

rijkste onzuiverheid: stikstof. Diamant van type I bevat een met IR- en UV-absorptiespectroscopie detecteerbare hoeveelheid stikstof, terwijl in type II diamant met deze technieken geen stikstof aantoonbaar is.

Stikstof in diamanten van het type I bevindt zich op koolstof-roosterplaatsen waar dan een koolstofatoom ontbreekt. In synthetische en enkele natuurlijke kristallen (type Ib) komt atomair stikstof voor. In de meeste natuurlijk diamanten (type Ia) is de stikstof gepaard, of komen zelfs groepen molekulen voor. De wetenschappelijke wereld heeft veel aandacht geschonken aan de zogenaamde *stikstofplaatjes*. Dat zijn vlakke precipitaten van stikstof- en koolstofatomen met een dikte van één of enkele atoomlagen en een diameter van enkele nm tot ongeveer 100  $\mu$ m. Ondanks verwoede pogingen, ook met de modernste elektronenmicroscopische technieken is de atomaire structuur van deze plaatvormige defecten nog steeds niet eenduidig opgehelderd.

Slechts een half procent van alle diamanten kan als type II worden geclassificeerd. Hoewel diamant normalerwijs een isolator is, bevindt zich in deze groep af en toe een exemplaar dat elektrisch geleidend is (type IIb). Dit halfgeleidergedrag wordt veroorzaakt door lage concentraties borium, welk element als acceptator functioneert.



De stikstofarme type II diamanten zijn transparant voor alle elektromagnetische straling met een golflengte langer dan 225 nm. Uitzondering hierop is infrarood licht met een golflengte tussen de 4 en 7  $\mu\text{m}$ , dat roostertrillingen veroorzaakt en in enige mate wordt geabsorbeerd. Type I kristallen absorberen violet en nabij-ultraviolet licht in wisselende mate, omdat elektronen worden aangeslagen in de extra energieniveaus, die zijn geïntroduceerd door de stikstofverontreinigingen. Deze absorptie veroorzaakt ook de gele kleur van synthetische en vele natuurlijke diamanten. Ten gevolge van een excitatie van C-N dipoolvibraties, absorberen type I diamanten ook sterk in het infraroodgebied rond 8  $\mu\text{m}$ .

Onzuiverheden en roosterfouten hebben grote invloed op de warmtegeleiding van kristallen. Type IIa diamant is bij kamertemperaturen en tot ongeveer 700°C de beste warmte-

geleider die bekend is. Bij kamertemperatuur is de specifieke warmtegeleiding bijna vijfmaal groter dan die van koper. Dit is een gevolg van de sterke interatomaire bindingen tussen de lichte koolstofatomen, waardoor roostertrillingen (en dus warmte!) zich snel en ongehinderd verplaatsen. De aanwezigheid van puntdefecten in een kristal, zoals vacatures of substitusionele atomen veroorzaakt een verstrooiing in de voortplanting van roostertrillingen, zodat het warmtetransport wordt gehinderd. Type I diamant met 0,1% stikstof geleidt de warmte dan ook twee à drie keer slechter dan type II kristallen.

#### *Optische vensters*

Gezien zijn optische doorlaatbaarheid voor een breed spectraal gebied is type IIa erg geschikt voor de productie van optische componenten. Gezien de grote hardheid, goede

13



13 en 14. Chirurgen gebruiken bij steeds meer operaties diamanten lancetten, omdat de sneden veel minder schade in het weefsel van de patiënt teweegbrengen.

14



## Diamantbewerken

Om materiaal te kunnen zagen, slijpen of polijsten is het noodzakelijk dat het gereedschap een grotere hardheid heeft dan het te bewerken materiaal. Waarmee moet je nu het materiaal met de grootste hardheid bewerken? Dat probleem speelt bij diamant. In principe bestaat er niets waarmee het kan worden bewerkt. Gelukkig is de hardheid van diamant sterk afhankelijk van de kristallografische richting, zodat men een diamant in de richting van een kubus- of dodecaëdervlak kan bewerken met een diamant in het oktaëdervlak. Er zijn vier belangrijke technieken om diamant te bewerken.

*Slijpen en polijsten.* Om vlakjes of scherpe snijkanten aan te brengen op diamanten, slijpt of polijst men de kristallen op een snel (3200 rpm) roterende gietijzeren schijf, waarop een suspensie van fijn (tot 15  $\mu\text{m}$  diameter) diamantpoeder met lichte olie is aangebracht. Deze diamantbewerkingstechniek was reeds in de late middeleeuwen bekend en is nog steeds de belangrijkste. Het mechanisme van het slijpproces is echter nog steeds een punt van discussie. In essentie zijn er twee opvattingen:

- De zogenaamde *abrasieve theorie* gaat ervan uit dat de op de schijf aangebrachte diamantkorrels tijdens het slijpen ten dele in het metaal worden gedrukt. De topjes die uitsteken krassen en brokkelen materiaal van het te slijpen 'zachte' diamantvlak af.

Het is duidelijk dat alleen de topjes met de 'harde' richting naar boven deze slijpwerking bezitten.

- De *chemische theorie* zegt dat tijdens het polijstproces op het grensvlak van diamant en schijf lokaal zeer hoge temperaturen worden bereikt en mogelijk plasma's worden gegenereerd. Hierdoor is chemische omzetting van diamant tot  $\text{CO}_2$  of ijzercarbide mogelijk en wordt het kristal aldus 'weggeëst'.

Welke van de twee mechanismen juist is, staat niet vast; waarschijnlijk spelen ze allebei een rol.

*Zagen.* Om blokjes of plakjes van ruwe stenen te zagen, maakt men gebruik van een fosforbronzen zaagblad, waarvan de buitenrand wordt geïmpregneerd met fijn diamantpoeder. Het blad draait ongeveer 10 000 keer per minuut rond en is slechts 40 tot 250  $\mu\text{m}$  dik. Het doorzagen van een éénkaraats (0,2 gram) steen duurt ongeveer acht uur. De snijwerking is waarschijnlijk abrasief van karakter; dit blijkt uit het feit dat de diamanten alleen langs de 'zachte' vlakken doorgezaagd kunnen worden, waarvoor dan de met de 'harde' kant naar buiten gerichte poederkorrels verantwoordelijk zijn.

*Lasersnijden.* Sedert tien jaar wordt diamant steeds vaker bewerkt met een sterk gefocuseerde, hoog vermogen, infrarood ( $\lambda = 1,064 \mu\text{m}$ ) laserbundel. Door het diamantoppervlak te beschieten met snel op elkaar volgende, zeer korte laserpulsen, kan

## INTERMEZZO II

warmtegeleiding en chemische inertie, is diamantoptiek bijzonder robuust. Ze is bestand tegen grote mechanische krachten, krassen, snelle temperatuurwisselingen, grote thermische gradiënten en agressieve chemicaliën. Diamant heeft echter ook nadelen. Zo zijn sferen en parabolen van optische kwaliteit technisch (nog) niet haalbaar. Dit betekent dat uit diamant alleen vensters en diverse prisma's met platte grensvlakken kunnen worden gemaakt. De produktie van lenzen is overigens wel in ontwikkeling. Een ander nadeel is dat de maximale afmeting van de optiek zeer beperkt is, daar diamantkristallen met een diameter groter dan 1 à 2 cm zeer schaars zijn.

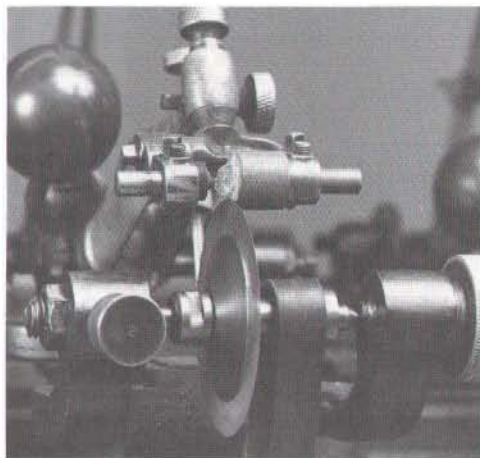
Optische vensters van diamant worden met name gebruikt voor het bestuderen van systemen onder extreme condities. Een voorbeeld is spectroscopisch onderzoek van gesmolten fluoridezouten, die ieder ander optisch materiaal

onmiddellijk zouden corroderende. Een heel interessante toepassing is als infrarood-transmissievenster bij onderzoek van planeetatmosferen met behulp van satellieten. Zo werd een diamantschijfje van 18,2 mm diameter en 2,8 mm dikte gebruikt om de infrarood-stralingsmeter aan boord van de Pioneer Venus Multiprobe satelliet te beschermen tegen de helse Venusatmosfeer. Het venster bleef ongeschonden tijdens de afdaling naar het Venusoppervlak, waar een temperatuur heerst van 450°C en de chemisch agressieve atmosfeer een druk heeft van 9 MPa (90 bar).

Aan de diamantvensters worden qua vlakheid hoge eisen gesteld. Dit is met name van belang bij gebruik in hoog-vermogenlasers. Zorgvuldig polijsten kan vlakheden opleveren van minder dan ééntiende van de golflengte van zichtbaar licht. Dit wordt gemeten met behulp van interferometrie.



II-1. Het doorzagen van een diamant duurt uren. Diamant kan alleen langs een zacht kristalvlak worden gezaagd door zaagschijven waarop fijn diamantstof zit.



II-1

Slechts enkele natuurwetenschappelijke en medische toepassingen van diamant zijn hier besproken. Vanwege zijn unieke fysische eigenschappen wordt dit koolstofkristal ook veel gebruikt in de techniek en industrie. Enkele voorbeelden zijn: schuren, slijpen en zagen van harde materialen, pick-up naalden, precisie draaibeitels, fiber-kloofmessen en heat-sinks. In de nabije toekomst zullen ook de elektrische eigenschappen van diamant toepassing vinden. We moeten dan denken aan detectoren voor diverse soorten straling en, na verdere ontwikkeling van de gasfase-depositie technieken (Intermezzo I), elektronische componenten. Het is vrijwel zeker dat er toepassingen in het verschiet liggen die nu niemand zich realiseert: diamant blijkt steeds weer een materiaal met ongekende en onbekende perspectieven. Ondanks de eeuwenoude traditie behoort diamant dus tot de 'nieuwe materialen'.

men gaten 'boren' in de kristallen. Snijden geschiedt door een reeks gaten naast elkaar te laseren. In tegenstelling tot de mechanische bewerkingsmethoden is nu de kristallografische richting onbelangrijk: zowel harde als zachte richtingen kunnen worden bewerkt. Volgens de huidige opvatting verloopt het proces omdat het diamantoppervlak, dat zelf doorlaatbaar is voor het infrarode laserlicht, bedekt is met een dun laagje grafiet, dat de binnenkomende laserpuls sterk absorbeert en omzet in thermische energie. Hierdoor wordt de onderliggende diamant, behalve dat materiaal verdampt ook ten dele getransformeerd in grafiet. Dit grafiet fungeert als absorberend voor de volgende puls, waardoor het proces zich herhaalt.

**Kloven.** Uit de kristalstructuur van diamant blijkt dat loodrecht op het octaëdervlak de dichtheid van koolstofbindingen minimaal is, zodat een diamantkristal langs dit vlak het makkelijkst te splijten is. Hierop is de oudste bewerkingstechniek voor diamant, het kloven gebaseerd. De diamantklover maakt op een kristal eerst een kerf in de juiste richting, plaatst vervolgens een botte beitel in deze kerf en geeft hierop een korte, droge klap, waarna de diamant splijt langs een octaëdervlak. De kloving verloopt zeer snel. Het splijtfrent verplaatst zich met een snelheid van  $3,3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$  door het kristal.

#### Literatuur

- Scheeren JW en Niessen JA. Hoge-drukchemie – Van aardkern naar laboratorium. *Natuur en Techniek* 1986; 54, 10; pag 792-803  
 Enkevort WJP van en Bennema P. Groeiende kristallen. *Natuur en Techniek* 1986; 54, 3; pag 202-217

#### Bronvermelding illustraties

ABC-press, Amsterdam: 4  
 Dr. A. Jayaraman, AT&T Laboratories: 5  
 De overige illustraties zijn afkomstig van Drukker International, Amsterdam.



De verwoestiging van de Sahel heeft vooral in de jaren zeventig tot noodtoestanden geleid, die duizenden mensen op de vlucht joegen. Herstel van het ecosysteem in dit gebied zal op lange termijn meer soelaas bieden dan de hulpprogramma's die voor deze mensen zijn opgezet.

**W. Van Cotthem**  
*Rijksuniversiteit Gent*





# DE WOESTIJN OP DE KORREL

De Sahelzone in Afrika wordt bedreigd door een oprukken-de woestijn. De verschraling en uitdroging van de bodem maakt dat akkerbouw en vee-teelt er vrijwel onmogelijk zijn. Regelmatig treden er dan ook ernstige hongersnoden op. Noodhulp biedt weinig soe-laas, meer structurele maatregelen zijn nodig. Een moge-

lijkheid voor een duurzamere oplossing is het verbeteren van de bodemstructuur. De laatste jaren is met succes geëxperimenteerd met een uitgekiend mengsel van groei-stimulerende stoffen en water-absorberende polymeren. De laatste zorgen ervoor dat de weinige regen die valt, lang wordt vastgehouden.



Het probleem van de woestijnvorming of desertificatie is in grote delen van de wereld actueel en vraagt dringend om een oplossing. Vooral de Sahelzone in Afrika is er berucht om. De neerslag daar is zo ontoereikend en onregelmatig geworden, dat systematische irrigatie nodig is om aan de opmars van de woestijn een halt toe te roepen.

Over de hele wereld werd en wordt gezocht naar technologische oplossingen voor dit probleem. De meeste methoden die zijn voorgesteld zijn echter nauwelijks effectief, onder meer omdat grootschalige ingrepen in een dergelijk uitgestrekt gebied of onmogelijk, of economisch niet verantwoord zijn. Bovendien zijn technologische oplossingen slechts dan haalbaar, als zij zonder meer kunnen worden ingepast in de actuele leefsituatie van de mensen die in de getroffen gebieden leven. Met andere woorden: ingespeeld moet worden op lokale overbevolking en een te intensieve uitbating van de gronden.

Daarnaast moeten de nieuwe methoden met minimale investeringskosten een aanvaardbaar economisch rendement opleveren. De kostprijs van irrigatieprojecten, of andere projecten waarbij bestaande waterreserves worden benut, wordt door een groot aantal factoren bepaald:

- het *transport* van water over grote afstanden, vooral als het gewonnen wordt uit bestaande oppervlaktewateren;
- het anders onvermijdelijke *oppompen*, omdat het grondwater vaak op zeer grote diepte ligt en wordt afgesloten door zeer compacte lagen;
- het *opslaan* van een voldoende grote watermassa aan het oppervlak, wegens de vaak ongunstige topografische structuur (te vlakke plateau's, te steile hellingen);
- voorraadverliezen door *infiltratie* van water in te poreuze bodems;
- voorraadverliezen door *verdamping*, vooral wanneer water wordt opgeslagen in uitgestrekte ondiepe plassen;
- de noodzakelijke opbouw van een *distributienet* om de bodem regelmatig vochtig te kunnen houden.

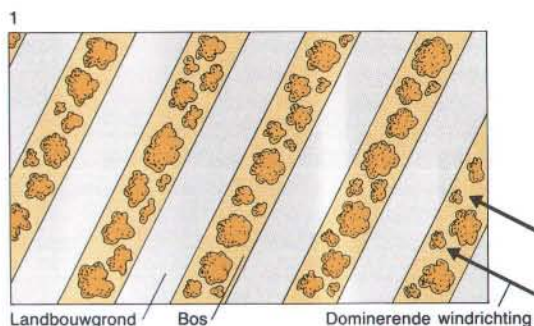
Zo te zien zijn de kosten van irrigatie te hoog om dit een doeltreffend middel tegen de woestijnvorming te laten zijn. Om die reden is het zaak onderzoek te doen naar andere mogelijkheden.

1. Bij het herstel van het ecosysteem in de getroffen gebieden wordt uitgegaan van een model dat twee onderdelen omvat: de aanleg van stroken bos

2. Een monster grond uit een veld in de Sahel, vier maanden nadat het met terracottem behandeld was. In die twee maanden

in een richting loodrecht op de dominerende windrichting (pijl) en de aanleg van akkers in de vrijgehouden stukken daartussen.

had het niet meer geregend. Toch is de grond vochtig, heeft een goede korrelstructuur en bevat tal van jonge wortels.



### Natuurlijke en andere middelen

De bodem en de natuurlijke vegetatie van de Sahel zijn totaal uitgeput door overexploitatie en overbegrazing. Akkerbouw haalde vele minerale voedingsstoffen uit de bodem en het vee van de nomaden vrat de weinige weidegronden kaal. Daarnaast drukte ook de steeds toenemende bevolking op het ecosysteem. Het resultaat was dat de oorspronkelijke landschappen in vrijwel levenloze gebieden veranderden.

Wanneer men in de bedreigde gebieden het roer om wil gooien, zal in de eerste plaats het gedrag van de mensen op een gepaste manier veranderd moeten worden. De ontbossing moet worden gestopt, het nomadisme met grote kudden afgeremd, rooibouw verboden en de bevolkingsgroei teruggebracht. Een specifieke taak voor biologen is het ontwikkelen van geschikte methoden om het oorspronkelijke ecosysteem te herstellen. Een belangrijk element daarbij is het herstel van het natuurlijke plantendek.

In ons laboratorium is de afgelopen vijf jaar gewerkt aan mogelijkheden om tot het laatste te komen. Daarbij zijn we uitgegaan van een theoretisch model voor het herstel van de natuur in gebieden als de Sahel. Dit model omvat twee basiselementen (afb. 1):





2

- de aanleg van bosgemeenschappen in langwerpige stroken (natuurherstel);
- de aanleg van velden voor land- en tuinbouw op de vrijgehouden stroken tussen die bosgemeenschappen (voedselvoorziening).

De oriëntatie van de stroken bos wordt voornamelijk bepaald door de ter plaatse dominerende windrichting (de pijl in afb. 1). De breedte van bos- en tussenstroken is van andere lokale klimaatsfactoren afhankelijk.

### Sponsjes

Een dergelijk model kan natuurlijk alleen gerealiseerd worden als men er in slaagt om onder Sahel-omstandigheden met een minimale hoeveelheid neerslag plantengroei tot stand te brengen. De bestaande bodem van de Sahel biedt daartoe weinig mogelijkheden, dus was het zaak om daar een materiaal aan toe te voegen dat in staat is het weinige vocht langere tijd vast te houden, zodat planten het met hun wortels kunnen opzuigen. We hebben daartoe een mengsel samengesteld van wateropslorpemde polymeren, gecoate meststoffen, plantaardige en dierlijke groeistimulatoren; zes tot tien stoffen in totaal. Dit mengsel noemen wij *terracottem* en moet in de bovenste 20 tot 30 cm van de bodem worden ingebracht.

Vooraf de waterabsorberende polymeren zijn heel belangrijk in dit mengsel. In contact met regen- of sproeiwater zwellen ze als sponsjes op en vormen geleachtige klompjes die in de bodem maandenlang vochtig blijven. Alle plantewortels blijken in staat te zijn om deze klompjes binnen te dringen en er zeer langzaam water aan te onttrekken, zodat de plant er maandenlang, zelfs een heel droog seizoen, mee in leven kan blijven.

Het mengsel bevat twee typen polymeren: biologisch afbreekbare, op basis van zetmeel, cellulose en proteïnen, en biologisch niet-afbreekbare, verwant aan polyacrylamiden. De polymeren van de laatste groep fungeren alleen als waterreserve, de afbreekbare bovendien als voedselbron voor bodemorganismen. De andere componenten van het mengsel dienen vooral als groeistimulatoren, niet alleen voor de planten die we willen kweken, maar ook voor lagere planten en dieren die tot de bodemflora en -fauna behoren en wier aanwezigheid de bodem verrijkt.

De gecoate meststoffen (*slow release fertilizers*) bestaan uit korrels kunstmest, omgeven door een laagje hars waarin microporiën zitten. De meststoffen, die wateroplosbaar zijn, spoelen daar zeer langzaam uit, zodat maandenlang een minieme toevoer aan voedings-



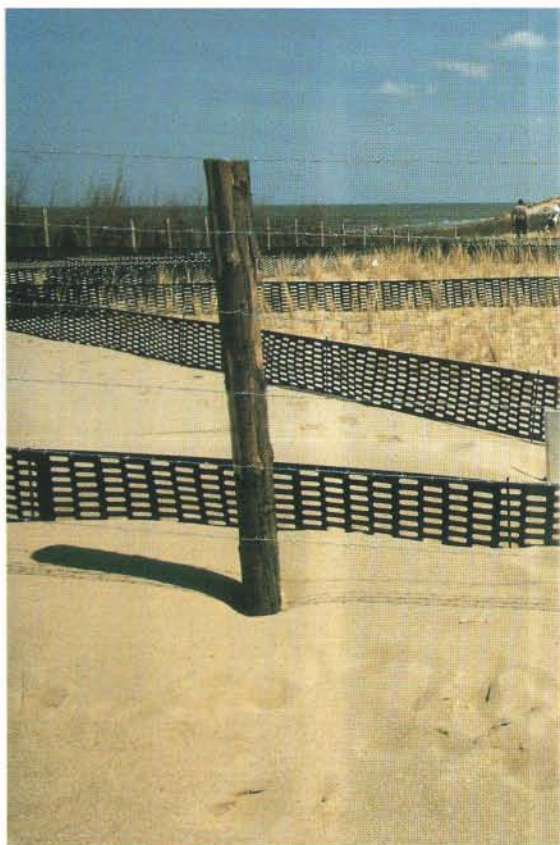
stoffen in stand gehouden wordt. Zou men de meststoffen zonder de coating toedienen, dan spoelt een aanzienlijk deel van de meststoffen met regen- of irrigatiewater diep weg de bodem in, voordat de planten kans zien ze op te nemen. Al met al wordt niet alleen voldoende water in de bodem vastgehouden, maar wordt deze laatste ook geschikt gemaakt voor plantengroei.

### Rollende duinen

Een mogelijkheid om de bruikbaarheid van het door ons ontwikkelde mengsel te testen deed zich voor in wat men, met enige fantasie, wel de 'Belgische woestijn' kan noemen: de duinen.

In bepaalde duingebieden wordt de vegetatie door de grote aantallen toeristen die er komen, stukgelopen of afgebroken. De wind krijgt dan vrij spel op het losliggende zand. Enorme massa's zand worden voortdurend verplaatst, zodat de duinen aan het 'rollen' of 'wandelen' gaan. Hier en daar vormt dit zand een bedreiging voor huizen, wegen en nog begroeide duingebieden.

Klassiek worden duinen beschermd door loodrecht op de windrichting takkebossen in te planten. Deze stoppen het wegstuivende zand af, maar komen er zodoende zelf volledig on-



3

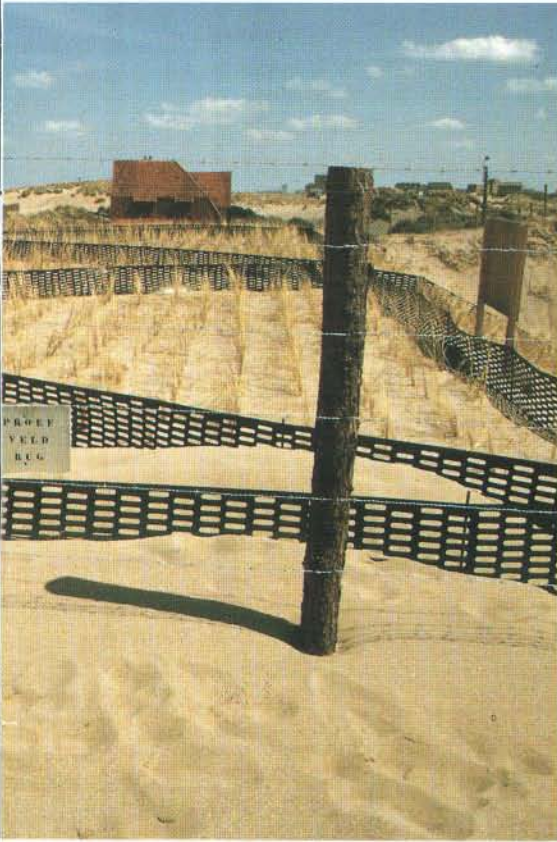
5



6







3 en 4. Het bodemverbeterende mengsel is aanvankelijk uitgetoetst in verwoede stukken duin langs de Belgische kust. In door schermen afgegrensde driehoeken werd het

mengsel in de bodem gebracht. Niet alleen helmgras gedijde er goed, maar ook allerlei andere ingewaaide duinplanten, zoals het jacobskruiskruid (4).

5. Een beeld van het experiment op het Kaapverdiesche eiland Santiago. Op de sterk eroderende vulkanische hellingen werden parallel aan de hoogtelijnen kuipvormige putten

(minicaldeira's) aangelegd met een diepte van 35 cm. Hierin werd het mengsel van hydrogelen, meststoffen en groeistoffen met de losgehakte grond vermengd.

6. De invloed van dit mengsel op de groei van koolplanten. Het frêle plantje in het midden is gegroeid op een onbewerkte bodem. De kolen links en

rechts in een plantenput waaraan het mengsel was toegevoegd. De enorm toegenomen biomassa-productie spreekt boekdelen.



4



der te zitten, zodat nieuwe aanplant noodzakelijk is. Het tevens aanplanten van helmgras biedt iets meer soelaas, omdat dit gras, zelfs wanneer het licht ondergestoven is, flink blijft doorgroeien.

Om ons mengsel te testen werden op een stuk zeereepduin bij Koksijde plastic schermen in driehoeken geplaatst, waartussen helmgras zonder gevaar van overstuiving kan groeien. Bovendien werd de terracottem er in de grond gebracht met als resultaat dat naast het helmgras ook een aantal inheemse duinplanten kon groeien. Binnen de schermen ontstond een gesloten vegetatiedek dat het beweeglijke zand afdoende fixeert. De bedreiging voor enkele nabijgelegen woningen was daarmee verdwenen.

Met deze gunstige resultaten was de tijd rijp geworden om de bruikbaarheid van het mengsel uit te testen in de Sahel.



# Toepassing in de Sahel

De eerste veldexperimenten werden in 1985 uitgevoerd in een gebied ten noorden van de Senegalese hoofdstad Dakar. Daar werd de invloed van het mengsel op de kieming van allerlei zaadsoorten en op de beworteling van stekken van houtige planten bestudeerd. Onderzocht werd welke concentraties in de bodem het beste resultaat opleverden.

Een van de meest in het oog springende resultaten was dat het gebruik van terracottem een aanzienlijke reductie van de hoeveelheid sproeiwater voor de groenteteelt mogelijk maakt. Om dezelfde hoeveelheid biomassa zonder terracottem te produceren, moest men *dagelijks* 5 tot 7 liter water per m<sup>2</sup> over het land sproeien. Na inbrenging van het mengsel kon dit worden teruggebracht tot een *wekelijks* besproeiing met 5 liter per vierkante meter.

De bewortelde stekken en gekiemde zaden van allerlei bomen en struiken zijn na augustus 1985 blijven uitgroeien. Ze hebben zich inmiddels ontwikkeld tot flinke boompjes en struiken van meer dan anderhalve meter. De enige watertoevoer sinds het aanbrengen van de terracottumlaag bestond uit de normale beregning in het regenseizoen. Nog steeds is het waterabsorberend effect van de in 1985 aangebrachte laag merkbaar. Sommige gebruikte

polymeren blijven drie tot vijf jaar actief in de bodem. Zij kunnen steeds opnieuw water opnemen – tot zowat 1000 maal hun eigen massa – en afgeven. Dit betekent dat na een jaar of vijf een nieuwe behandeling met het mengsel nodig is, tenzij de natuur zich intussen voldoende hersteld heeft.

Een jaar later werd een tweede proef uitgevoerd, nu in Guinee. De nadruk lag deze keer op het gebruik van terracottem in de bosbouw. Op een extreem droge berghelling, bedekt met een uiterst dunne begroeibare bodem – 10 tot 25 cm zandige teelaarde op een haast ondoorlaatbare keienlaag – werden 2000 jonge bomen van twaalf verschillende soorten aangeplant. Op de planten van één soort na bleven ze alle in leven, zelfs na twee droge seizoenen van een maand of negen. De ene soort die niet aansloeg, was blijkbaar niet zo erg gesteld op de grote hoeveelheid water die in het regenseizoen in de polymeren was opgeslagen.

In dezelfde streek was al eerder herbebossing met allerlei inheemse boomsoorten uitgetest. Het resultaat was niet zo best. Vandaar dat door lokale bosbouwers besloten werd het met dennen en eucalyptusbomen te proberen. Deze blijken het in deze moeilijke omstandigheden vrij goed te doen en hebben een positief effect waar het gaat om het tegengaan van erosie. Bovendien kan na enige jaren de houtpro-

7. Een resultaat van het experiment in Kaapverdië. Op deze grond konden de laatste tien jaar geen tomaten meer gekweekt worden. Toevoeging van het mengsel waterabsorberende polymeren biedt opnieuw gelegenheid deze vruchten te telen.

8. Gepoot in begin augustus, levert de aardappelvariëteit Desirée al in november een goede opbrengst op.





duktie op gang komen. Deze voordelen moeten worden afgewogen tegen het nadeel dat deze soorten door bladval voor een verzuring van de bodem zorgen.

Onze proef in Guinee bewijst dat het nu mogelijk is om allerlei inheemse boomsoorten aan te planten en aldus het herstel van het natuurlijk evenwicht in de hand te werken. Er kan op deze wijze als het ware een barrière tegen de verdere woestijnvorming opgeworpen worden. Een grootschalige herbebossing vergt enorme investeringen, maar men kan de kosten afwegen tegen het geld dat nodig is om de telkens optredende hongersnoden te lenigen. Dat geld biedt slechts tijdelijk soelaas en zeker geen oplossing op lange termijn.

In 1987 vond op verzoek van de FAO, de voedsel- en landbouworganisatie van de VN, een proef plaats bij de groenteteelt op het Kaapverdische eiland Santiago. Op dit eiland van vulkanische oorsprong is groenteteelt, zelfs in het regenseizoen, haast onmogelijk als gevolg van de temperatuur, de watervoorziening en de bodemgesteldheid. Daardoor is het voedselpakket van de bevolking zeer eenzijdig. Maandenlang is men aangewezen op *cachupa*, een soort stampot van mais en bonen. Daarin ontbreken een aantal belangrijke vitaminen en *avitaminose* is er een van de belangrijkste oorzaken van de grote kindersterfte.

8



In minicaldeira's, cirkelvormige kuipen uitgehakt op steile hellingen, werd een laag grond vermengd met terracottem aangebracht en afgedekt met grond. Vervolgens werden tomaat, kool, rode peen en zoete bataat (een tropisch knolgewas) geplant. Deze groenten wilden op Santiago nauwelijks groeien, maar deden het nu goed: de biomassa-productie was 10 tot 30 keer zo groot als voorheen. Het economisch rendement van deze methode is hier erg groot, omdat nu ook twee en misschien zelfs drie oogsten per jaar mogelijk zijn.

In opdracht van de steden Maastricht en Heerlen en de staat Canada werden in 1988 7000 bomen aangeplant in Burkina Faso. Dank zij ons mengsel heeft 95% daarvan de droogte overleefd.

### Een groene Sahel?

Onze gunstige ervaringen van de afgelopen jaren roepen natuurlijk de vraag op of de gevolgde methode een serieus wapen in de strijd tegen de desertificatie kan vormen. Wij zijn er vast van overtuigd dat dit het geval is. De nadelen liggen vooral in de economische sfeer. Terracottem is niet goedkoop en men moet rekening houden met hoge transportkosten. Deze moet men echter afwegen tegen de kosten van voedseltransporten of bijvoorbeeld de aanleg van stuwdammen, maatregelen waarvan de effecten slechts tijdelijk of lokaal merkbaar zijn.

Investeren in een daadwerkelijke verbetering van de bodem, waardoor de bevolking met een minimum aan mechanische hulpmiddelen en zonder haar traditionele leefwijze wezenlijk te veranderen in haar eigen voedselbehoefte kan voorzien, biedt een veel duurzame oplossing. Hetzelfde geldt voor de mogelijkheden tot herbebossing en andere middelen tot natuurherstel. Bij een kordate aanpak lijkt het mogelijk dat we ooit nog eens zullen meemaken dat de Sahel weer groen wordt.

### Bronvermelding illustraties

Transworld Features Holland, Haarlem: pag. 134-135. Alle overige illustraties zijn van de auteur.

# ASPIRINE

Het verpakken van aspirine: de laatste stap in het grootschalig productieproces van dit beroemde geneesmiddel. Het asprine-doosje veranderde in de loop der jaren nogal van uiterlijk.





# kleine beetjes helpen

Miljoenen mensen over de hele wereld gebruiken regelmatig acetylsalicylzuur. Deze stof wordt in tablet- of poedervorm verkocht onder de naam aspirine en is het meest gebruikte geneesmiddel bij matige pijn en koorts. Aspirine helpt snel, maar niet echt. Het middel blokkeert de chemische overdracht van pijnprikkels naar het centrale zenuwstelsel. De patiënt 'voelt' de pijn niet meer, maar de oorzaak ervan wordt niet weggenomen. Naast het wegnemen van pijn en koorts heeft aspirine een aantal verrassende andere werkingen. Over de werking van acetylsalicylzuur en over gewenste en ongewenste effecten gaat dit artikel.



**F.P. Nijkamp**

Vakgroep Veterinaire Farmacologie,  
Rijksuniversiteit Utrecht

In het jaar 30 na Christus beschreef Celcus de vier beroemde karakteristieken van ontstekingen (*rubor, calor, dolor* en *tumor*, oftewel roodheid, warmte, pijn en zwelling) en hij gebruikte wilgextracten om ze te verlichten. De werkzame stof, die met name in de bast van de wilg aanwezig is, bleek een aan salicylzuur (*Salix*= wilg) verwante stof.

Varianten van salicylzuur komen in tal van planten voor. Een bekend voorbeeld is *acetylsalicylzuur* (ASZ), een verbinding die voorkomt in de moerasspirea. Deze plant werd al in de oudheid gebruikt bij de bestrijding van reuma, jicht en menstruatiepijnen. Vanaf de middeleeuwen werden spirea-extracten ook uitwendig toegepast op wonden.

In 1860 werd in Duitsland salicylzuur kunstmatig vervaardigd en als geneesmiddel voorgeschreven bij koorts en reumatische aandoeningen. Acetylsalicylzuur werd voor het eerst gesynthetiseerd door Felix Hoffman en in 1899 door Heinrich Dreser, onder de van spirea afgeleide naam *aspirine* op de markt gebracht. Aspirine wordt sindsdien veelvuldig toegepast bij de behandeling van matige pijn, koorts en ontsteking.

### Pijn en pijnstillers

Aspirine grijpt aan op de plaats van oorsprong van de pijn, bijvoorbeeld de plaats van ontsteking. Het middel gaat weliswaar pijn en koorts tegen, maar neemt de oorzaak ervan niet weg. ASZ blokkeert slechts het natuurlijk alarmsignaal, dat de functie heeft het lichaam te waarschuwen bij beschadiging of irritatie van weefsels.

Bij beschadiging van weefsels komen ter plaatse stoffen vrij als histamine, bradykinine, serotonine en prostaglandinen die *pijn- of ontstekingsmediatoren* worden genoemd. Deze verbindingen wekken in speciale, voor pijn gevoelige zenuwcellen, of *pijnreceptoren*, een elektrisch signaal op, dat via zenuwweefsels en ruggemerg naar de hersenen wordt getransporteerd. Hier vindt verwerking van de pijnprikkels plaats en de zieke of getroffene wordt zich bewust van de pijn.

In bovenbeschreven pijnsignaalstelsel kunnen pijnstillers op twee manieren aangrijpen. De *narcotische pijnstillers*, zoals morfine, die bij de behandeling van ernstige pijn worden toegepast, grijpen met name aan op het niveau



van de pijngewaarwording in de hersenen. *Niet-narcotische pijnstillers* oefenen hun werking uit op de plaats van de weefselbeschadiging en voorkomen de overdracht van pijnprikkels. Dergelijke middelen hebben vaak ook koorts- en ontstekingsremmende eigenschappen. Aspirine behoort tot deze laatste groep.

### Prostaglandinen

De werking van aspirine berust op de remming van een bepaalde groep pijnmediatoren, de *prostaglandinen*. De biosynthese van prostaglandinen kan vrijwel in alle weefsels van zoogdieren plaatsvinden (zie Intermezzo I). Ze worden gevormd uit arachidonzuur, een vetzuur dat ten gevolge van verstoringen uit de celmembrana wordt vrijgemaakt. Er bestaan diverse groepen prostaglandinen die bij verschillende levensprocessen van essentieel belang zijn.

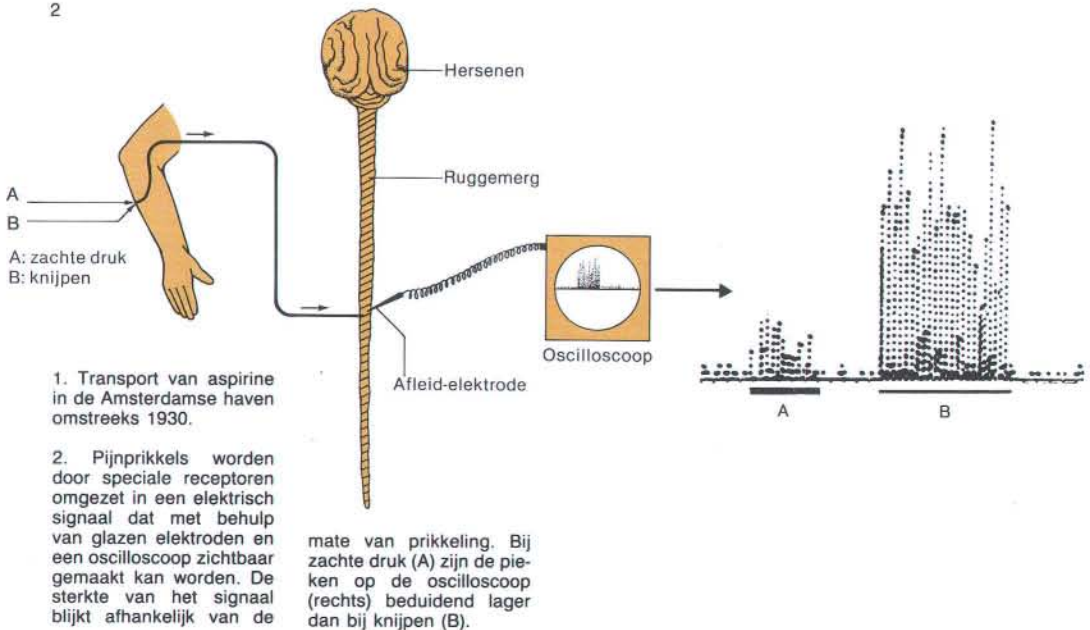




Tijdens ontstekingsreacties worden veel witte bloedcellen gemobiliseerd, deze cellen gaan de strijd aan met bacteriën en verwijderen afvalproducten. Hiernaast produceren de witte bloedcellen grote hoeveelheden prostaglandinen. Bij het proces van de pijngevoelwording zijn vooral prostaglandine E en prostaglandine  $I_2$  ofwel prostacycline betrokken. Prostaglandinen werken niet direct stimulerend op zenuwcellen, maar hebben een zogenaamd *sensibiliserend effect* op de pijnreceptoren. Dat wil zeggen dat ze deze zenuwcellen gevoeliger maken voor andere pijnmediatoren zoals serotonine, bradykinine en histamine. Bij doorlopende synthese van kleine hoeveelheden kan deze sensibilisatie sterk oplopen. Het vrijkomen van prostaglandinen tijdens ontstekingsprocessen veroorzaakt dan ook een versterking van het pijnmechanisme.

Bij alle vier belangrijke symptomen van een ontstekingsreactie; roodheid, zwelling, warmte en pijn, spelen prostaglandinen een rol. Sommige prostaglandinen veroorzaken jeuk en roodheid. Het ontstaan van zwellingen berust op de tijdelijk verhoogde vochtdoorlaatbaarheid van de bloedvaten, waardoor vocht uit de bloedvaten in de weefsels terecht komt. Prostaglandinen hebben ook hierin geen direct

2



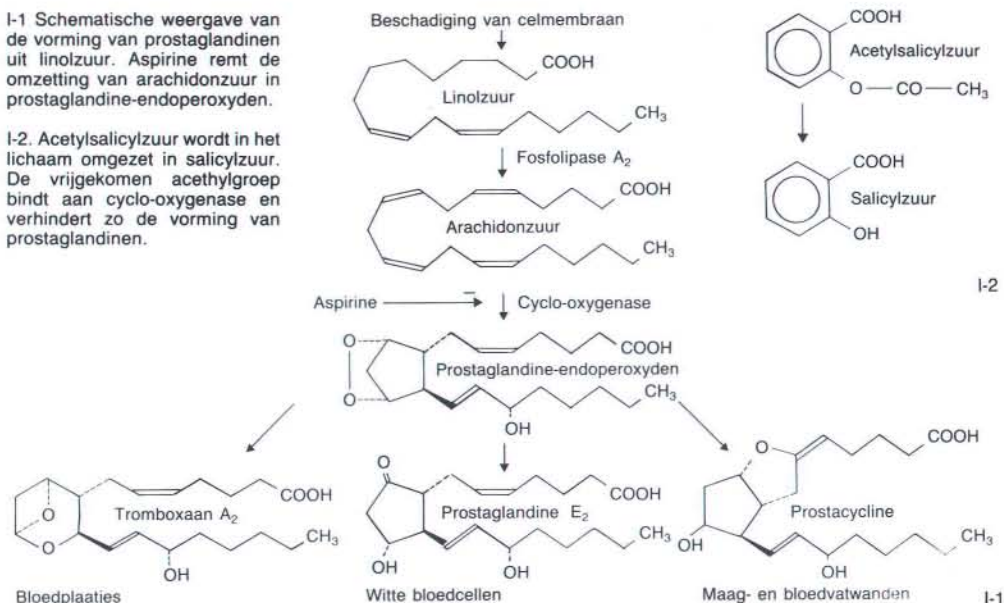
## Biosynthese van prostaglandinen

Prostaglandinen zijn farmacologisch zeer sterk werkzame verbindingen. Buiten hun rol bij pijn, koorts en ontsteking zijn ze belangrijk bij tal van fysiologische processen, zoals de verwijding en vernauwing van bloedvaten, de instandhouding van een beschermende slijmlaag in het maag-darmkanaal, de zwangerschap, de klontering van bloedplaatjes en de regulatie van de lichaamstemperatuur.

De biosynthese van prostaglandinen vindt plaats met behulp van membraangebonden enzymsystemen in de lichaamscellen (zie afb. I-1). De uitgangsstof in deze synthetische route is *linolzuur*, een meervoudig onverzadigd vetzuur dat via de voeding moet worden opgenomen. In het lichaam wordt linolzuur omgezet in een ander vetzuur, het *arachidonzuur*, dat verestert aan fosfolipiden in de celmembraan. Na

I-1 Schematische weergave van de vorming van prostaglandinen uit linolzuur. Aspirine remt de omzetting van arachidonzuur in prostaglandine-endoperoxyden.

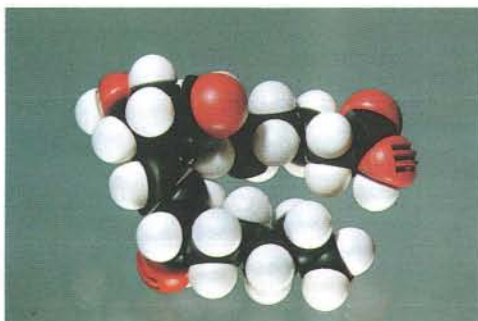
I-2. Acetylsalicylzuur wordt in het lichaam omgezet in salicylzuur. De vrijgekomen acetylgroep bindt aan cyclo-oxygenase en verhindert zo de vorming van prostaglandinen.



### INTERMEZZO 1



3



3. De ruimtelijke structuur van arachidonzuur (links) en prostaglandine E<sub>2</sub>

(rechts). Zwart = koolstof, wit = waterstof, rood = zuurstof.



een stimulus, bijvoorbeeld een optredende ontsteking, kan arachidonzuur uit de fosfolipide-bilaag worden vrijgemaakt. Een klein deel van het vrijgemaakte zuur wordt dan omgezet in prostaglandinen, terwijl de rest razendsnel weer wordt ingebouwd in de membraan.

Het vrije arachidonzuur wordt omgezet in *prostaglandine-endoperoxyden*. Het membraangebonden enzymcomplex *cyclo-oxygenase* is verantwoordelijk voor deze omzetting. De eerste stap die door *cyclo-oxygenase* wordt gekatalyseerd is de vorming van *endoperoxyde prostaglandine G<sub>2</sub>*. Het enzym *cyclo-oxygenase* katalyseert ook de tweede stap in de synthese van prostaglandinen, namelijk de omzetting van het prostaglandine *G<sub>2</sub>* in een tweede endoperoxyde, het *prostaglandine H<sub>2</sub>*. De aldus ontstane endoperoxyden worden vervolgens via enzymatische en niet-enzymatische reacties snel omgezet in verschillende typen prostaglandinen.

De route die de omzetting van de endoperoxyden volgt is weefselafhankelijk. Zo zal in de maag en in de bloedvatwand voornamelijk prostaglandine *I<sub>2</sub>* ofwel *prostacycline* worden gevormd, is in bloedplaatjes *thromboxaan* het belangrijkste produkt en wordt in witte bloedcellen voornamelijk *prostaglandine E* aangemaakt.

Acetylsalicylzuur grijpt in het katabolisme van arachidonzuur in door acetylering van *cyclo-oxygenase*. ASZ wordt hierbij omgezet in salicylzuur; de acetylgroep bindt aan *cyclo-oxygenase*. Dit enzym wordt hierdoor geremd, waardoor de vorming van prostaglandine-endoperoxyden en dus alle omzettingsprodukten van endoperoxyden, wordt tegengegaan.

effect, maar versterken de werking van andere ontstekingsmediatoren. Verder veroorzaken prostaglandinen een verwijding van de bloedvaten met als gevolg een verhoogde warmteafgifte en hebben ze, zoals gezegd, een regulerende functie bij de pijngewaarwording in het centrale zenuwstelsel.

Prostaglandinen spelen verder een rol bij de regulatie van de lichaamstemperatuur. In de hypothalamus in de hersenen bevindt zich het temperatuurregulatiecentrum dat ervoor zorgt dat de lichaamstemperatuur min of meer constant op 37°C blijft ingesteld. Dit vereist een delicate balans van warmteproductie en -afgifte in het lichaam. Bij een ontsteking kunnen

4. De moerasspirea (*Filipendula ulmaria*) bevat acetylsalicylzuur en staat al eeuwen bekend als een geneeskrachtig kruid.

Thans wordt acetylsalicylzuur kunstmatig vervaardigd en vormt het belangrijkste bestanddeel van het aspirientje.



4

schadelijke stoffen uit bacteriën en *interleukinen*, bepaalde produkten die door witte bloedcellen worden afgegeven, de synthese van prostaglandinen in de hypothalamus 'aanzetten'. De vrijgekomen prostaglandinen beïnvloeden het temperatuurregulatiecentrum. De lichaamstemperatuur wordt tijdelijk op een hoger niveau ingesteld en de patiënt krijgt koorts. Als de witte bloedcellen hun werk in de afweer hebben gedaan, stopt vrij snel de afgifte van interleukinen. De produktie van prostaglandinen in de hypothalamus komt tot stilstand en de koorts neemt af.

In 1971 ontdekte John Vane dat sommige pijnstillers de synthese van prostaglandinen in beschadigde weefsels en in de hersenen remmen. Ook de werking van ASZ berust op deze eigenschap. Na toediening van aspirine wordt het pijnsignaalstelsel van de patiënt geblokkeerd, waardoor de pijn afneemt. In de hypothalamus wordt het streefpunt voor de lichaamstemperatuur ingesteld op 37°C en de koorts verdwijnt.

## Hartziekten, afweer en zwangerschap

In de afgelopen twintig jaar werd een aantal andere eigenschappen van prostaglandinen ontdekt. Behalve als mediators bij pijn en bij koortsprocessen blijken prostaglandinen in het lichaam tal van andere regulerende functies uit te oefenen. De remming van prostaglandinen door ASZ kan, naast het afzwakken van de pijnperceptie, dan ook nog andere gevolgen hebben. Momenteel wordt onderzocht hoe ongunstige bijwerkingen kunnen worden voorkomen en bij welke ziektebeelden de remming van de productie van prostaglandinen uitkomst kan bieden.

## Hart- en vaatziekten

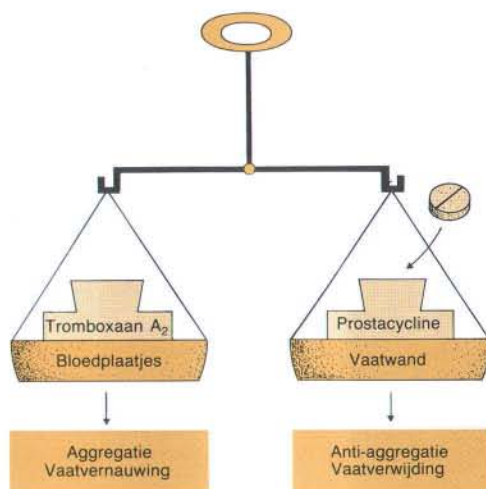
In een uitgebreide studie, waarbij 30 000 Amerikaanse artsen om de dag 325 mg aspirine innamen over een periode van bijna vijf jaar, is een daling van het aantal eerste hartinfarcten waargenomen. In een andere studie waarbij de dagdosering aspirine ongeveer drie maal hoger was, trad dit effect niet op. Verder onderzoek zal moeten uitwijzen wat het belang is van het dagelijks gebruik van een kleine dosis aspirine bij de preventie van een hartinfarct of een beroerte (herseninfarct). Aspirine wordt al regelmatig met succes toegepast bij de voorkoming van een tweede infarct.

Acetylsalicylzuur blijkt, zelfs al bij de zeer lage dosering van 50 mg per dag, de productie van het prostaglandine *thromboxaan*, dat gemaakt wordt door bloedplaatjes, te remmen. Deze dosering is zo laag dat weinig schadelijke

## Aspirine en trombose

Het prostaglandine *thromboxaan*, dat door bloedplaatjes gevormd wordt, heeft een bloedvatvernauwende werking en veroorzaakt de klonting van bloedplaatjes. *Prostaglandine I<sub>2</sub>*, of *prostacycline*, dat wordt gesynthetiseerd door cellen in de bloedvatwand, heeft juist een bloedvatverwijdende werking en gaat de klonting van bloedplaatjes tegen. Prostacycline en thromboxaan functioneren waarschijnlijk als biologisch tegengesteld werkende regulatoren in het bloed.

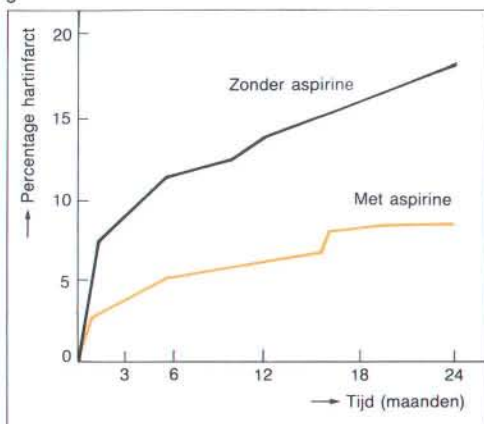
Door de acetylering van het vormingsenzym cyclo-oxygenase beïnvloedt ASZ in principe zowel de



II-1

## INTERMEZZO II

5



5. Amerikaanse onderzoekers volgden gedurende 24 maanden een groep patiënten met verhoogd risico voor een hartinfarct. Ongeveer de helft kreeg een kleine dosis aspirine toegediend. Het gunstige effect is in de grafiek duidelijk te zien.

6. Elektronenmicroscopische opname van een aggregaat van bloedplaatjes, omgeven door rode bloedcellen. De normale grootte van een bloedcel is 8  $\mu$ m.

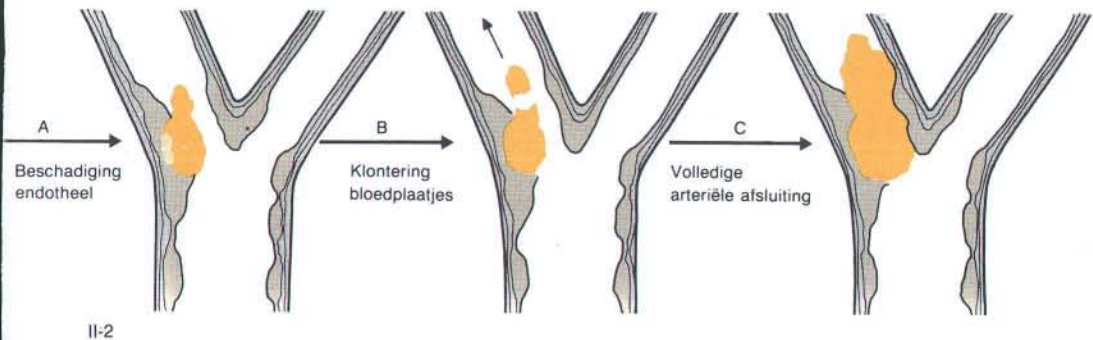
7. Een macrofaag (de grote cel rechts van het midden) vernietigt kleine witte bloedcellen, de lymfocyten, die hun werk in de afweerreactie hebben gedaan.



aanmaak van prostacycline als de aanmaak van thromboxaan. In de praktijk blijkt aspirine de synthese van thromboxaan echter veel sterker te remmen dan de prostacyclinesynthese. De verklaring voor dit verschijnsel ligt in het ontbreken van eiwit-synthese bij de (kernloze) bloedplaatjes. Bloedplaatjes kunnen daardoor geen cyclo-oxygenase aanmaken en na de toediening van aspirine is de synthese van thromboxaan gedurende de gehele periode dat een bloedplaatje circuleert geremd. Deze periode kan variëren van enkele dagen tot meer dan een week. In de cellen van het bloedvatendotheel, waar

prostacycline wordt geproduceerd, kan cyclo-oxygenase wel worden aangemaakt. De synthese van prostacycline komt hier binnen enige uren na toediening van aspirine weer op gang.

Omdat aspirine de synthese van thromboxaan voor een langere periode remt dan de prostacyclinesynthese, raakt de thromboxaan/prostacycline-balans verstoord en krijgen de vaatverwijdende en klonteringsremmende eigenschappen van prostacycline de overhand. Het ontstaan van bloedstolsels in de vaatwand kan zo worden tegengegaan en uitbreiding van een reeds bestaand stolsel voorkomen.

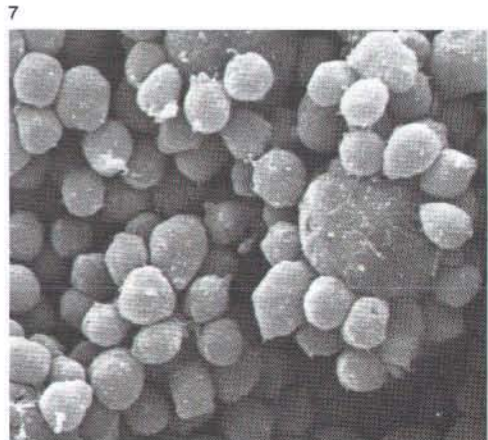
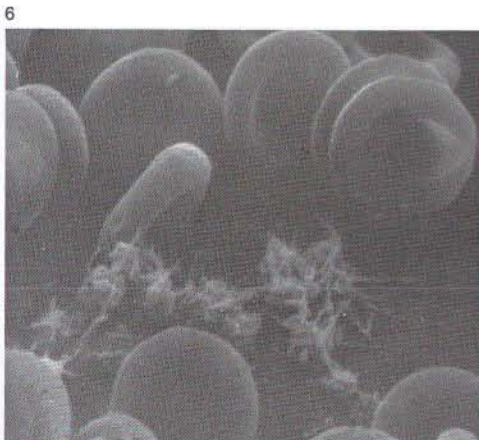


II-1. De thromboxaan/prostacycline balans. Thromboxaan bevordert de klontering van bloedplaatjes en de vernauwing van bloedvaten. Prostacy-

cline werkt de klontering van bloedplaatjes tegen. Normaal zijn beide in evenwicht. Aspirine doet de balans doorslaan naar de kant van prostacycline.

II-2. Thrombusvorming: In een gezond bloedvat treedt beschadiging op van de beklede cellaag van de vaatwand (endotheel). Bloedplaatjes kle-

ven aan het bindweefsel dat onder de endotheellaag ligt en er ontstaat een thrombus. Tenslotte treedt volledige afsluiting van het bloedvat op.



bijwerkingen te verwachten zijn; in een normaal aspirientje zit al tienmaal zoveel ASZ en bij de behandeling van reuma wordt soms zelfs een honderdmaal hogere dosis gebruikt.

De remming van thromboxaan door ASZ heeft een gunstige invloed op de bloedsomloop en gaat de klontering van bloedplaatjes tegen. Het ontstaan van stolsels in de bloedvaten, ten gevolge van overmatige klontering van bloedplaatjes, is één van de belangrijkste oorzaken van een infarct. De toekomst van aspirine bij de behandeling van hart- en vaatziekten lijkt dus veelbelovend. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de farmaceutische industrie ook hard werkt aan de ontwikkeling van geneesmiddelen die specifiek de thromboxaansynthese remmen.

#### Afweer

Bepaalde cellen uit het afweersysteem, de *macrofagen* (vreetcellen) doden en verwijderen ziektekiemen bij infecties. Deze cellen vormen een relatief grote hoeveelheid prostaglandine E. Dit prostaglandine remt de antilichaamproductie en de afgifte van *interleukine* en *gamma-interferon* door witte bloedcellen. Al deze stoffen bevorderen de weerstand en spelen een rol in het afweerproces. Relatief lage doseringen aspirine zouden de vorming van deze producten kunnen stimuleren, met gunstige gevolgen voor de afweer van de patiënt. Mogelijk kan aspirine in de toekomst worden gebruikt bij aandoeningen waarbij een verminderde afweerfunctie optreedt.

#### Zwangerschap

Prostaglandinen zijn van belang in het voortplantingsproces en bij de geboorte. Ze bevorderen de aanleg van de slijmlaag in de baarmoeder en spelen een rol bij de opwekking van weeën. Vaak kunnen te vroeg optredende weeën worden tegengegaan door het gebruik van remmers van de prostaglandinesynthese.

Prostaglandinen spelen ook een rol bij het openhouden van de *ductus arteriosus Botalli* van de foetus. Dit bloedvat vormt bij het ongeboren kind de verbinding tussen de longslagader en de aorta, waardoor het bloed van het bovenste deel van het lichaam naar de moederkoek wordt gevoerd voor de opname van zuurstof. Vermoedelijk houden prostaglandinen met een sterk vaatverwijdend karakter (I en E) de ductus open. Na de geboorte wordt de zuur-



8

stofopname door de longen overgenomen. Ten gevolge van de afnemende zuurstofspanning in het bloed daalt de productie van prostaglandine I en E, en de ductus Botalli sluit zich. Bij te vroeg geboren kinderen worden al regelmatig prostaglandinesyntheseremmers gebruikt om een open ductus te sluiten.

Soms blijkt de bloeddorststroming in de moederkoek te zijn verstoord, met als gevolg een miskraam. Bij bepaalde ziektebeelden bestaat zelfs het gevaar van een herhaalde vroegtijdige beëindiging van de zwangerschap. Behandeling van deze patiënten met lage doseringen aspirine leidde tot een opvallende verbetering. Klaarblijkelijk kan, ook in de placenta, overmatige klontering van bloedplaatjes en bloedvatvernauwing door ASZ worden voorkomen. Mogelijk kan aspirine ook van nut zijn bij de vermindering van het risico van hoge bloeddruk tijdens de zwangerschap.

#### Aspirine en maagklachten

Naast de genoemde heilzame effecten van aspirine zijn ook een aantal vervelende bijwerkingen van het middel bekend. Bij langdurig gebruik van hoge doseringen aspirine moet men bijvoorbeeld alert zijn op bijwerkingen op het maagdarmkanaal, zoals het optreden





9

8. Te vroeg geboren kinderen krijgen vaak stoffen toegediend die de synthese van prostaglandinen remmen. Aspirine kan hierbij in de toekomst misschien een rol gaan spelen.

9. Een werknemer controleert met behulp van een daartoe ontwikkeld apparaat of elke plastic strip met aspirinetabletten volledig is gevuld.

van maagbloedingen en maagzweren. Het ontstaan van deze klachten kan ook worden verklaard door de remming van de prostaglandineproductie door ASZ.

Prostaglandinen hebben een belangrijke beschermende functie in de maag. Sommige prostaglandinen remmen de secretie van maagzuur door de *parietale cellen*, dit zijn grote, slijmproducerende cellen in de maagwand. Door de vaatverwijdende eigenschappen bevorderen prostaglandinen E en I de bloedsomloop in het maagdarmkanaal. Hiernaast stimuleren prostaglandinen de groei van epitheelcellen in het maag-darmkanaal, waardoor de vorming van een regelmatige slijmlaag wordt gegarandeerd.

In een gezonde maag is over de slijmlaag een zeker verloop in de zuurgraad (pH) aanwezig. Deze *pH-gradiënt* zorgt voor het neutraliseren van binnendringende waterstofionen, waardoor beschadiging van het maagslijmvlies wordt voorkomen. Prostaglandinen hebben ook een regulerende functie bij het in stand houden van deze gradiënt.

De afname van de prostaglandineconcentratie in de maag heeft een verlaging van de pH-gradiënt tot gevolg. De aanmaak van slijm wordt nadelig beïnvloed en de barrière van het maagslijmvlies wordt lager. De maagwand

wordt gevoeliger voor beschadiging en de kans op het optreden van een maagzweer of een bloeding neemt toe. Het toedienen van aspirine in combinatie met een stabiel prostaglandinederivaat blijkt overigens de negatieve effecten van aspirine op het maagslijmvlies aanzienlijk te kunnen beperken.

#### Literatuur

Van Lent PLEM en Van den Berg WB. Reuma. *Natuur & Techniek* 1989; 57; 1; 14-26.

#### Bronvermelding illustraties

Bayer Nederland: pag. 142-143, 1, 9.  
J.R. Vane en S. Moncada, The Wellcome Research Laboratories, Beckenham, Kent, England: 3.  
Lennart Nilsson, Boehringer Ingelheim B.V.: 6.  
Dick Klees, Duiven: 4.  
Uit: Kardon R en Kessel R. *Cellen, Weefsels en Organen*. Maastricht: Centr. Uitg. 1983: 7.  
Paul Mellaart, Maastricht: 8.

Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

# Wetenschap in de Sovjetunie

Simon Rozendaal

**I**n het vliegtuig stinkt het. Dat begint goed. Het is Zürich, maar de stank van kerosine maakt duidelijk dat ik op Sovjet-territoir ben, zoals op Kennedy Airport in New York die breed glimlachende KLM-stewardess plus de Hollandse kranten altijd duidelijk maken dat thuis slechts een slaappilletje ver is.

In het Aeroflot-vliegtuig begint de stank die aanhoudt gedurende het bezoek aan de Sovjetunie. Lekker fris geurt het in Moskou en Leningrad bijna nergens. In de steden hangt een walm van slecht gezuiverde uitlaatgassen plus uit Polen en Tsjechoslowakije geïmporteerde nitreuze en zwavelige dampen, die herinneringen oproepen aan de Euro-poort, jaren vijftig, — toen het milieu nog echt slecht was in Nederland.

Ook *Homo sapiens sovjet-skaia* deelt in de geurmalaïse — een busreis temidden van vele dicht opeengepropte forensen drukt je met de neus op het feit dat zeep een van de *bottlenecks* van het Sovjet-produktieproces is. En milieubewustzijn is ook een betrekkelijk vreemde en recent verworven eigenschap. Bij de Academie van Wetenschappen in Leningrad hoorde ik iemand vertellen dat men experimenteert met een nieuwe methode voor de verwerking van chemisch afval: het meeste chemische afval van Le-



**De MIG-29: een zeer geavanceerde straaljager**  
(Foto: Bart van der Klaauw).

ningrad wordt begraven in een zestig meter diepe laag Cambrisch kaolien. Dat klinkt heel indrukwekkend maar komt in feite neer op wat wij *dumpen* en *bodemvervuiling* zouden noemen. Hoe zou het trouwens komen dat Aeroflotvliegtuigen zo vaak een tikje naar kerosine ruiken? Is de Russische kerosine slechter? In Zürich zullen de Russische vliegtuigen toch gewoon Zwitserse kerosine tanken? Misschien is het de Russische techniek of de wijze waarop men daar mee omspringt. Ik vergeet nooit meer hoe ik vijftien jaar geleden in Moskou iemand met een fietspomp zeker een half uur lang zag hurken bij een personenauto. De Russische techniek imponeert niet wanneer je haar met de glanzende perfectie van het

Westen vergelijkt. Vliegtuigen die naar kerosine ruiken, mensen die bij het parkeren hun ruitewissers van de auto afhaken, zoals wij cassetterecorders, vrachtwagens die nog open laadbakken hebben, laboratoria waar glaswerk met een gat er in gewoon wordt gebruikt tot het letterlijk uiteenvalt, hotelkamers waar de enige vorm van temperatuurregeling het openen en sluiten van het raam is (er zit nooit een kraan op de radiator, laat staan dat er een thermostaat aan de muur hangt).

Terwijl ik als culinair hoogtepunt van de Aeroflotreis Zürich-Moskou een heuse sinaasappel krijg, denk ik aan de ontwerper van het vliegtuig waarin ik zit. A.N. Tupolev, één van de groten uit de ge-



schiedenis van de luchtvaart, die vreemd genoeg zijn grootste prestaties in een concentratiekamp heeft verricht.

Tupolev is het vleesgeworden bewijs van de stelling dat de Sovjetunie haar grootste geesten nauwelijks heeft geëerd. Tijdens de anti-intellectuele terreur van Stalin in de tweede helft van de jaren dertig werd Tupolev met andere vliegtuigbouwkundige ingenieurs (Petliakov, Miasischev en Chizhevsky), maar ook de beroemde ontwerper van de eerste satelliet (Sputnik), Korolev, gearresteerd, omdat ze te weinig marxistisch en te veel *bourgeois* zouden zijn.

Veel natuurwetenschapsmensen en ingenieurs werden in concentratiekampen geplaatst waar tevens laboratoria aanwezig waren. Daar ontstond de idiote situatie dat wetenschap en techniek, in het algemeen toch met creativiteit en vrijheid geassocieerd, in een sfeer van terreur en onderdrukking werden uitgeoefend.

Het meest curieus is wel dat het nog redelijk succesvol was ook. Want Tupolev en zijn collega's wisten niet alleen uiterst ingenieuze jachtvliegtuigen en bommenwerpers te ontwikkelen, maar ook roemrucht schiettuig als de Katiuscha (bijgenaamd het Stalin-orgel). Al deze technologische prestaties brachten Stalin ertoe om na de oorlog veel van zijn 'bourgeois-ingenieurs' weer op vrije voeten te stellen. Dat was verstandig. Korolev maakte toen de Sputnik en Tupolev de Tu-104. Beide machines waren op hun gebied de eerste in de wereld – de Sputnik was de eerste satelliet en de Tu-104 was het eerste burgervliegtuig met een jet-propeller.

Met andere woorden, het vliegtuig stinkt misschien naar kerosine, meer luxe dan

een sinaasappel zit er niet in en onderzoekers moeten vaak onder beroerde omstandigheden werken, maar verkijk je niet op de Russische techniek. Al te vaak zijn ze met die ogenschijnlijk onbeholpen façade het Westen te slim af.

## NA DE SPUTNIK

**N**iet vaak kunnen de Sovjets over een Amerikaanse technologische prestatie zeggen: "Aardig, maar daar waren wij een

paar jaar geleden al mee bezig."

Vesjeslav Balebanov, onderdirecteur van het Instituut voor Ruimtevaartonderzoek in Moskou kan dat. Zo gaan de Amerikanen over enige tijd een satelliet de ruimte in sturen die de van de Big Bang resterende millimeterstraling moet bestuderen. Een glimlachende Balebanov: "Die Amerikaanse satelliet kan ongeveer evenveel als de Relikt-satelliet die wij in 1983 hebben gelanceerd. Maar in 1992 gaat de Relikt-2 de lucht in, die veel verder van de aarde komt te staan, wat het gun-



A.N. Tupolev

**Het MIR-ruimtestation**  
(Tekening A. Sokolov/  
P. Smolders)

stigste punt is voor de waarneming van dit soort straling." Zet daarnaast die eerste Sputnik van 4 oktober 1957 en het wordt zonneklaar dat de Sovjets enorm zijn vooruitgegaan in de ruimtevaarttechnologie. Die eerste satelliet maakte weliswaar veel indruk in Amerika en speelde tussen twee haakjes een belangrijke rol in het koude-oorlogdenken (help, de Russen komen), maar stelde eigenlijk niets voor.

Ontwerper Korolev was goed in het maken van raketten, maar wist van satellieten niet zo veel. De raket was dus zwaar genoeg om een olifant te kunnen vervoeren; van een geavanceerde satelliet was geen sprake. De Sputnik was een bol die bijna leeg was op een kortegolfzender na. Dat was alles. Die radio was echter zo krachtig dat het gebliiep over de hele wereld de indruk wekte dat de Sovjetunie de VS als technologische mogendheid definitief had ingehaald. Nonsens natuurlijk. Pas de afgelopen tien jaar is Rusland langszij en misschien zelfs voorop gekomen in de ruimtevaart. Dat heeft enerzijds te maken met de tegenslagen in het Amerikaanse programma. De ramp met de shuttle Challenger is de bekendste, maar overigens niet de enige tegenslag.

Op het gebied van elektronica loopt de Sovjetunie nog steeds ver achter – hun satellieten zijn nog steeds dinosaurussen. En men hoeft maar een oppervlakkige blik op de Buran (de Russische Space Shuttle) te werpen om te zien dat het waar is wat Roald Sagdeyev – één van Ruslands bekendste ruimtevaartonder-



zoekers – zegt, namelijk dat de Sovjetunie al veertig jaar lang de Verenigde Staten kopieert.

Toch maakt de recente prestatie om de Buran met computerbesturing, onbemand, rond de aarde te laten cirkelen, plus de continue bemanning van het ruimtevaartstation Mir sinds februari 1987 duidelijk dat het Russische ruimtevaartprogramma een geheel eigen verdienste heeft. In 1987 lanceerde men in de Sovjetunie 95 raketten, tegen acht in de VS; de Russen hebben alle records voor de verblijfsduur in de ruimte, ze

**Jammer dat ze in Eindhoven niet weten dat wij in high-tech een gelijkwaardige gesprekspartner zijn**

hebben een uiterst ambitieus programma om Phobos, een maan van Mars, te bestuderen.

Wellicht zijn dergelijke collectieve wetenschappelijke-technologische prestaties de Russen op het lijf geschreven.



Wie Balebanov bijvoorbeeld het Russische ruimtevaartprogramma voor ver in de één-entwintigste eeuw hoort uitleggen, realiseert zich dat een planmatige economie voor ruimtevaart veel voordelen heeft. Onderzoekers zijn verzekerd van een lange-termijnperspectief (in 1996 worden er rotsmonsters van de achterkant van de maan gehaald, in 2002 wordt een onbemand laboratorium op de maan geopend) en de daarbij behorende budgetten en men hoeft niet bang te zijn dat door democratische oprispingen de ambtenarij af en toe van politieke kleur en ruimtevaartinteresse verandert.

Om politieke redenen doet de Sovjetunie veel aan internationale samenwerking in de ruimtevaart ('Yes to Star Peace, No to Star Wars'), maar nodig heeft Rusland het Westen niet op dit terrein. Dat blijkt uit tal van details. Zo is op één van de Russische missies wel eens een telescoop van de universiteit van Utrecht meegeweest. Dat bleek geen succes. Terwijl de Sovjets op menig ander gebied hun handen dicht zouden knijpen met technologie uit Utrecht, zegt Balebanov koeltjes: "Daar hebben we een hoop problemen mee gehad, met die telescoop. De eerste keer brak een in Nederland gemaakt onderdeel. Dat is hersteld. Toen dat een volgende keer weer brak, hebben we het maar zelf gedaan. Toen werkte het een stuk beter."

Balebanov beseft terdege dat het voor buitenlanders vreemd moet overkomen: enerzijds de algehele indruk van technisch onvermogen die de Sovjetunie maakt en anderzijds het vermogen om op ruimtevaartgebied (en enkele andere sectoren zoals militaire techniek, kernfusie, magneto-hydrodynamica en in zekere zin ook

kernsplijting) te excelleren. "U kunt ons niet met de rest van de Russische samenleving vergelijken. Als wij in de Sovjetunie per se iets willen, dan kunnen we dat ook. Daartoe hebben we in het geval van ruimtevaart algemene middelen aan de gewone economie onttrokken. Ruimtevaartresearch is iets heel speciaals en laat niet echt het technologisch niveau van een land zien."

Toch irriteerde het Balebanov wel, toen hij onlangs in Nederland was, dat een bedrijf als Philips niet in de gaten heeft hoe geavanceerd de Russische ruimtevaarttechnologie is. Balebanov die in het kader van de nieuwe economische aanpak van partijleider en president Gorbatsjov op zoek was naar samenwerking met Westerse bedrijven, merkte dat nogal wat Nederlandse bedrijven niet bepaald stonden te popelen om hem te ontvangen.

"Ik ben er niet in geslaagd om in Eindhoven, bij Philips, ontvangen te worden. Ook verder viel me op dat Nederlandse firma's nogal terughoudend waren. Klaarblijkelijk denken ze dat wij net als

andere Russische bedrijven geen of nauwelijks high-tech in huis hebben. Maar dat is een vergissing. Wij zouden juist met Philips op tal van terreinen kunnen samenwerken. We achten het bedrijf hoog. Terwijl een bedrijf als Siemens lang niet aan al onze technische eisen zal kunnen voldoen, is dat vermoedelijk bij Philips beter. Jammer dus, dat ze in Eindhoven niet weten dat wij op het gebied van high-tech een gelijkwaardige gesprekspartner zijn."

## EEN SNEE IN JE OOG

**A**l van verre ver-raadt de Fyodorov-kliniek in het noorden van Moskou zich. Overal lopen mensen met ooglapjes. Het barst er bovendien van de auto's — er is duidelijk belangstelling voor de al in de jaren zeventig ontwikkelde unieke techniek om met een sneetje in de oogbol een bril overbodig te maken. Bovendien is aan de buitenkant af te zien dat de stichter van deze klinieken, Svyatoslav Fyodorov, ook een goede relatie met de machthebbers heeft. Ziet alles er net buiten het hek nog betrekkelijk gewoon uit, binnen het hek staan opeens opvallend mooie lantaarnpalen met *fin-de-siècle* krullen. Die indruk wordt alleen nog maar versterkt tijdens de rondleiding onder leiding van directeur Erik Vilshansky. Automatische schuifdeuren, glimmende vloeren, mooi opgemaakte secretaresses en verpleegsters — allemaal observaties die je niet dagelijks doet in de Sovjetunie. Ongewoon is alles aan de Fyodorov-oogklinieken. De *outsproken* directeur-generaal Fyodorov zelf (die vreemd ge-

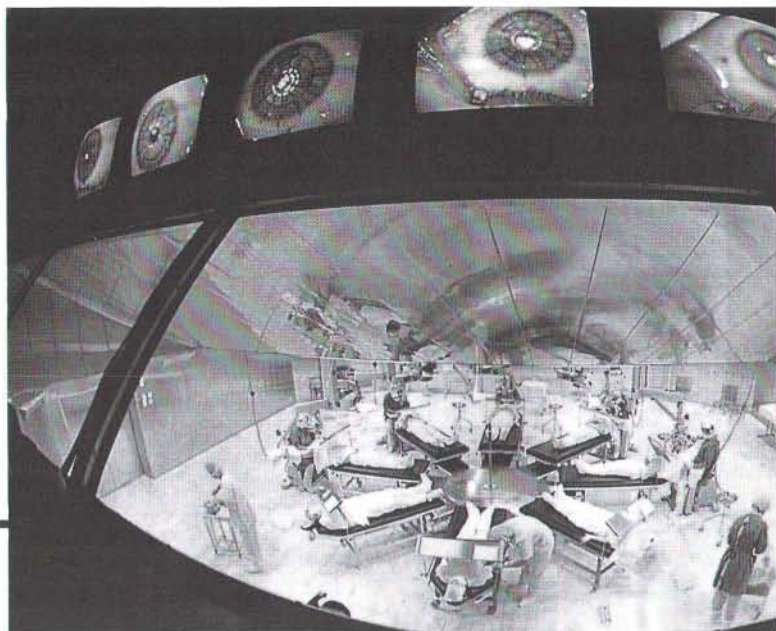


V. Balebanov

(Foto: Simon Rozendaal)



De carrousel met operatietafels in de Moskouse Fyodorov-kliniek (Foto: TASS/ANP).



noeg wel een bril draagt) in de eerste plaats. Hij wijst de politieke top van de Sovjetunie er regelmatig in niet mis te verstane woorden op dat ze naar zijn inzicht niet op de juiste koers zitten. De techniek van *radicale keratotomie*, om met uiterst fijne sneedjes in het hoornvlies de oogbolling te veranderen (er wordt dan nieuw, elastischer, collageen-eiwit aangemaakt) en aldus bijziendheid te verhelpen, is al even ongewoon. Ongeveer de helft van alle operaties in de kliniek betreft deze methode. De rest van de 20 000 operaties per jaar (het moeten er 300 000 worden) is minder uniek: voor oogziekten als cataract, glaucoom, etc.

In het Westen is de *radiale keratotomie* (die inmiddels wel al in een aantal landen is overgenomen, in de VS alleen al zijn er vele tienduizenden bijzienden met de 'Russische methode' behandeld) nog steeds omstreden. Er zouden

te weinig lange-termijnresultaten van bekend zijn; helpt het blijvend en, zo ja, bij welk percentage? Van voorzichtigheid lijkt in de Sovjetunie evenwel geen sprake. Er zijn inmiddels twaalf Fyodorov-klinieken en ze rijzen uit de grond als bospaddestoelen na een weekje herfstregen.

Tenslotte is de aanpak in de Fyodorov-klinieken hoogst ongewoon. Om de artsen en verpleegsters te stimuleren en om goede mensen aan te trekken liggen de salarissen tweetot driemaal zo hoog als elders in de gezondheidszorg. Een chirurg die het beter doet dan zijn collega's (die het volledige zicht al direct na de operatie terugbrengt, in plaats van een paar weken later) wordt zelfs meer betaald. De chirurgen worden na hun operaties gemasseerd. Er wordt een sauna voor de artsen gebouwd en ze kunnen in het weekeinde met hun familie paardrijden in het wild. Ongegeneerd wordt verteld

dat efficiëntie en geldverdiene de trefwoorden zijn. Er wordt bijvoorbeeld stevig verdiend aan de 2500 buitenlanders die zo'n duizend dollar voor de behandeling moeten betalen. De klinieken mogen 95% van dat geld – jaarlijks toch een slordige twee miljoen dollar – houden en betalen er allerlei kostbare Westerse apparaten (zoals optische apparatuur en computers) mee.

Het unieke van de Fyodorov-techniek is dat er van een lopende-bandbenadering gebruik wordt gemaakt. Zelfs de oogoperaties zelf verlopen zo. Acht patiënten liggen op de operatietafels onder een laken – met vanzelfsprekend een opening boven hun defec-te oog – in een carrousel, die om de zoveel tijd een slag worden gedraaid. Aldus kan iedere chirurg en verpleegster op zijn of haar plaats blijven staan en worden alle handelingen zo doeltreffend mogelijk verricht. Alles wordt met camera's gevolgd en in een



controlekamer kan het hoofd van de kliniek elke afzonderlijke operatie volgen en zijn chirurgen via een met koptelefoons in verbinding staande microfoon aanwijzingen geven.

Zelfs bij de controle-onderzoeken staat efficiëntie hoog in het vaandel. Patiënten zitten in verschillende compartimenten. In de ene ruimte worden hun gegevens in de computer getikt, in een andere wordt met behulp van een machine de dikte van hun hoornvlies gemeten, enzovoort. Aan de buitenkant van de ruimten branden lichtjes en als alle lichtjes op groen staan, klinkt er een opwekkend deuntje en schuift iedereen een hokje op. Een dergelijke aanpak doet heel gemechaniseerd aan. Toch is het te

simpel om de Fyodorov-klinieken als fabrieken voor te stellen. Tegelijkertijd is er 'oog' voor kleine details. Het kopje thee met citroen dat mensen krijgen als de operatie achter de rug is bijvoorbeeld, de planten op de gang, de impressionisten aan de muur.

## SLORDIGHEID

**H**et hoge woord komt er tijdens de lunch uit. "Ja, het is waar wat Zhores Medvedev over de nucleaire ramp in de Oeral heeft geschreven." Alexei Vorobyov, directeur van het instituut voor Nucleaire Fysica in Gatsjina, zo'n veertig kilometer ten zuiden van Lenin-

grad, knikt maar kijkt tegelijkertijd toch een tikje schichtig om zich heen. Helemaal gewend aan de politieke openheid – de *glasnost* – is hij klaarblijkelijk nog niet.

Natuurlijk is Vorobyov geen officiële regeringswoordvoerder, maar het lijkt na zo'n uitspraak wel duidelijk dat er niet meer getwijfeld hoeft te worden aan het feit dat Tsjernobyl niet de eerste, maar de tweede grote nucleaire ramp is die de Sovjetunie heeft getroffen. Een extra aanwijzing in dit verband is dat begin december 1988 ook Jevgeni Velikov, vice-president van de Sovjet Academie van Wetenschappen, tijdens een lezing in Tokyo over de nucleaire politiek van de Sovjetunie ongevraagd heeft toegegeven dat er in 1957 in een militair complex bij Sverdlovsk een kernramp heeft plaats gehad.

De in Londen wonende Russische biochemicus Zhores Medvedev heeft dit in 1976 in een artikel in het Engelse wetenschapsblad *New Scientist* geschreven, maar het is altijd officieel ontkend dan wel genegeerd door de Sovjets. En eigenlijk is er al die tijd onzekerheid blijven bestaan of het nu wel of niet waar was.

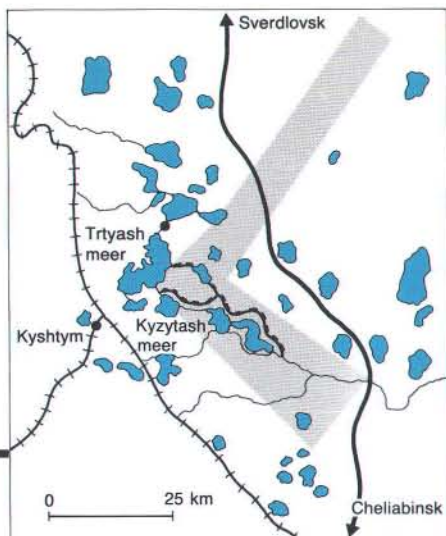
Waar gaat het om? Eind 1957 of begin 1958 zou er een spontane explosie zijn geweest van ondergronds opgeslagen kernafval in het gebied tussen de steden Tsjeljabinsk en Sverdlovsk. Het afval zou afkomstig zijn van de nabij gelegen militaire kernreactoren en de explosie zou radioactieve producten over een gebied van meer dan duizend vierkante kilometer hebben verspreid. Honderden mensen zouden zijn overleden aan stralingsziekten en tal van dorpen en kleine steden geëvacueerd.

Medvedev had zijn stelling overigens op een originele wetenschappelijke wijze onder-



A. Vorobyov (Foto: Simon Rozendaal).

*In het gearceerde gebied werden na de kernramp van 1957 dorpjes ontruimd en waterwegen omgeleid. Hierdoor werd in het westen duidelijk dat er iets gebeurd moest zijn.*



bouwd. Hij haalde tal van artikelen aan van radiobiologen en genetici die de effecten van de radioactieve isotopen strontium-90 en cesium-137 in de *vrije natuur* hadden bestudeerd. Vaak betroffen dit studies van wel tien jaar of meer, niet alleen aan vissen en vogels, maar ook aan grotere zoogdieren en dan bovendien uitgevoerd in besmette gebieden die vaak honderden vierkante kilometers groot waren. Dat Medvedevs hypothese klopte lijkt inmiddels dus wel zeker. Anders zit het met de vraag hoe deze ramp is veroorzaakt, door een explosie in een kerncentrale zoals in Tsjernobyl, of door een spontane explosie van slordig begraven kernafval. Medvedev wist het niet zeker maar gaf de voorkeur aan de laatste verklaring.

Volgens hem is het plutonium dat uit de eerste militaire reactoren vrij kwam na opwerking in primitieve ondergrondse tanks opgeslagen, waarschijnlijk dicht onder de oppervlakte en sterk geconcentreerd. Wellicht, aldus Medvedev, is het plutonium

door de grond selectief geabsorbeerd en geconcentreerd en zou een kettingreactie uiteindelijk een soort *moddervulkaan* hebben veroorzaakt. Of deze hypothese in het glasnost-tijdperk ooit bevestigd of ontkracht zal worden, is niet duidelijk. Hoe het ook zij, de relatie die Sovjets met geavanceerde technologie

### **Tsjernobyl was niet de eerste maar de tweede nucleaire ramp die de Sovjet-unie heeft getroffen**

hebben is vaker door slordigheid gekenmerkt.

Zo was er in 1960 een ruimtevaartongeluk dat minstens even tragisch was als de explosie van de Amerikaanse Challenger in 1986. Tijdens het bezoek van Chroetsjov aan New York zou een raket naar de maan moeten worden gelanceerd — om de Amerikanen eens te meer van de

Russische ruimtesuprematie te doordringen. De lancering lukte echter niet en geheel tegen alle veiligheidsregels in vond er een inspectie plaats terwijl er nog brandstof in de diverse trappen van de raket zat. Opeens deed de ontsteking het alsnog, de raket explodeerde en vele ruimtevaartspecialisten, waaronder maarschalk Nedelin werden gedood.

De slordigheid bij Tsjernobyl is inmiddels spreekwoordelijk. Daar werd, op 26 april 1986, tijdens een normale onderhoudsbeurt, geheel tegen alle regels in een experiment uitgevoerd waarbij alle lessen uit het nucleaire studieboek vergeten leken: een generator werd uitgezet, er waren te weinig regelstaven in de reactor, operators waren slecht op hun taak voorbereid. Zoals het officiële Russische rapport het fijntjes formuleerde: "de staf was onvoldoende op de hoogte van de technologische processen in een kerncentrale."

Het ergste van dit alles was wellicht nog dat het experiment werd geleid door een ingenieur van buiten de kerncentrale — het was namelijk iemand van de fabriek waar de generatoren werden gebouwd. Dit laatste staat weliswaar niet in het officiële Russische rapport over Tsjernobyl, maar is een publiek geheim onder kernenergiedeskundigen.

Alexei Vorobyov, tweeënhalf jaar na dato: "De leiding van het experiment was in handen van mensen van buiten de kerncentrale. Maar het waren wel mensen uit het nucleaire systeem. Het probleem is natuurlijk dat de mensen die de leiding van de reactor hadden, die leiding uit handen gaven. Bovendien moet je niet experimenteren in een gewone reactor."



“Het centrale probleem van Tsjernobyl blijft dat er zoveel stomiteiten en slordigheden zijn begaan. Stomme mensen zijn natuurlijk niet te vermijden. We kunnen mensen nu eenmaal niet doden omdat ze stom zijn, afgezien van het feit dat er dan niet zoveel anderen zouden overblijven. Wel moet de nucleaire industrie een oplossing voor dergelijke stomiteiten vinden.”

## AIDS

**R**ond het onderwerp ‘AIDS in de Sovjetunie’ hangt al snel een wat cynisch sfeertje. Dat hebben de Sovjets indertijd zelf in de hand gewerkt door in eerste instantie glashard te ontkennen dat AIDS in hun land voorkwam. AIDS werd beschouwd als een decadente Westerse ziekte, veroorzaakt door homoseksualiteit en intraveneus druggebruik, die slechts in het Westen beoefend zouden worden. Met de komst van glasnost is

ook deze houding vrijwel verdwenen. Bij het Pasteur-Instituut in Leningrad zegt Nikolay Chaika eerlijk: “Mede door de nieuwe ontwikkelingen als perestrojka en glasnost komen allerlei fenomenen tevoorschijn waarvan we niet wisten dat ze in ons land voorkwamen: homoseksualiteit, prostitutie en drugs.” Chaika verwacht zelfs dat de AIDS-problematiek de Russische overheid zal dwingen het middeleeuws aandoende beleid ten aanzien van homoseksualiteit te veranderen. “Homoseksualiteit is nog steeds een misdaad in de Sovjetunie, waarvoor men gevangenisstraf kan krijgen. Maar ook door de problemen die we hebben met de behandeling van syfilis komen de autoriteiten er achter dat er een medische in plaats van een juridische aanpak nodig is. De straffen helpen niet om AIDS te beteugelen.” Eind 1988 waren de cijfers als volgt. Volgens de kranten waren er tot dan toe slechts twee AIDS-doden maar dat is niet waar. Er waren toen zes gevallen van AIDS, waarvan

drie buitenlanders en drie Russen. Vier daarvan zijn inmiddels gestorven. Daarnaast zouden er 96 seropositieven zijn.

Dit is echter nog niet het totale aantal. Nikolai Chaika: “Het is geen geheim dat dit niet alle AIDS-gevallen zijn. Het probleem is echter dat we geen zicht hebben op de werkelijke omvang.” Nu gebiedt de eerlijkheid te melden dat in de meeste landen sprake is van een onderrapportage: gevallen van AIDS of seropositiviteit worden vaak niet herkend of uit schaamte dan wel piëteit niet gemeld. In elk geval werden in januari 1989 door regeringswoordvoerder Gerasimov cijfers bekend gemaakt: acht AIDS-gevallen, waaronder drie Sovjetburgers, en 450 seropositieven, waarvan 112 Sovjetburger zijn.

Feit is wel dat de Sovjetunie er veel aan doet om de kennisachterstand in te lopen. Alleen al in Leningrad worden dagelijks drieduizend mensen getest. In het hele land bedraagt het aantal tests momenteel een half miljoen per dag en er zijn al meer dan 17 miljoen mensen getest. Daarnaast is er een wettelijke verplichting voor alle Sovjets die meer dan drie maanden in het buitenland hebben doorgebracht om zich op de aanwezigheid van allerlei ziekteverwekkers – waaronder tegenwoordig ook het AIDS-virus – te laten controleren. Ook buitenlanders die langer dan drie maanden in het land willen verblijven, moeten zich aan controle onderwerpen. Al zijn dus lang niet alle details van het AIDS-probleem in de Sovjetunie bekend – met dit niveau van testen moet er binnen een jaar duidelijkheid zijn – toch vallen er al verschillen met het Westen te constateren. In de eer-



Een voorlichtingsaffiche over AIDS  
(Foto: Simon Rozendaal).

ste plaats dat zelfs bij een ongekend hoge onderrapportage waarschijnlijk toch relatief aanzienlijk minder gevallen van AIDS en seropositiviteit in de Sovjetunie voorkomen dan in Nederland.

Een opmerkelijk verschil lijkt verder dat heteroseksualiteit, in tegenstelling tot West Europa, in de Sovjetunie wel een rol speelt bij de verspreiding van AIDS. Terwijl in Nederland op enkele heroïne-prostituees na nauwelijks vrouwen zijn te vinden die AIDS hebben of seropositief zijn, vormen seropositieve vrouwen in de Sovjetunie nu al een omvangrijke groep. Zo waren er in Leningrad eind 1988 22 gevallen van seropositiviteit: vijftien buitenlanders en zeven Sovjets. Van die zeven Russen waren er niet minder dan vijf van het vrouwelijke geslacht.

Wellicht heeft de vrij omvangrijke 'halve prostitutie' daar iets mee te maken. In veel Russische hotels hangen altijd vrouwen rond die maar al te graag (meestal betaalde) contacten met het andere geslacht leggen, iets dat door Nikolai Chaika 'halve prostitutie' wordt genoemd. Bij de vrouwen met AIDS en seropositiviteit in Leningrad is meer dan de helft als zodanig te bestempelen, vertelt Chaika.

## VER ACHTER

**Z**hores Medvedev werkt in een rood bakstenen gebouw aan de rand van Londen, bovenop een heuvel in het district Mill Hill. Het National Institute for Medical Research waar de biochemicus Medvedev aan verouderingsonderzoek werkt, is een van de meest gerenom-

Zhores Medvedev (ANP-foto).



meerde biologische instituten in Engeland.

Dat verklaart ook waarom zijn kamer zo klein is. Als hij zich tijdens het gesprek omdraait om iets uit zijn kast te pakken, raken onze knieën elkaar onwillekeurig. Er is heel veel animo om in het instituut te werken dus iedere vierkante meter kamerruimte is meegenomen, aldus Medvedev.

Zhores (de naam is afgeleid van de Franse socialistenleider Jean Jaurès) Medvedev is een licht gezette man met wit haar en een grote ruimvallende trui met ronde hals, waar-

onder regelmatig – hoe vaak hij het ook bestraffend terugstopt – zijn overhemd tevoorschijn komt. Medvedev werkt al sinds 1973 in het instituut (toen hij er op bezoek was mocht hij niet terug – door de Opperste Sovjet werden hem zijn burgerrechten ontnomen), dus zijn Engels is bijna perfect. Heel af en toe slipt er een Russische tongval doorheen, zoals zijn trui dat overhemd maar niet de baas lijkt te kunnen worden.

Medvedev is een van de bekendste Sovjet-wetenschapsmensen. Hij werkte als radio-



bioloog, geneticus en biochemicus in Moskou en Obninski. Samen met zijn tweelingbroer Roy, die nog steeds in de Sovjetunie woont, werd hij een bekende dissident. Dat zal wellicht ook met hun achtergrond te maken hebben. Hun vader, een hoogleraar filosofie, werd tijdens de stalinistische terreur van 1938 gearresteerd en stierf in de beruchte Kolymamijnen.

### Trots op een kopieermachine alsof het een Alfa Romeo is

Zhores Medvedev schreef verschillende boeken over de Russische wetenschap: *The rise and fall of T.D. Lysenko*, *Soviet Science*, *Soviet Agriculture* en *The Medvedev Papers*. Daarnaast schreef hij verschillende politiek getinte boeken over Rusland: *Ten years after Ivan Denisovich*, *A question of madness* (met zijn broer, over zijn verblijf in een psychiatrische inrichting) en een biografie van Chroetsjov.

Hij vindt dat de Sovjetunie op veel wetenschapsgebieden aanzienlijk achterloopt. "Neem de moleculaire biologie. Sinds kort wordt er in sommige instituten recombinant-DNA-onderzoek verricht, maar in het overgrote deel van de instituten in de provincie kunnen ze dat absoluut niet. In de jaren zeventig waren ze redelijk bij, maar toen die ontwikkeling van plasmiden en recombinant-onderzoek begon, stonden ze opeens stil. Ook hebben ze geen toegang tot de wereldddatabank van DNA. Op het gebied van monoklonale antilichamen stellen ze weinig voor. De AIDS-tests worden geïmporteerd."

Daarnaast zijn er allerlei organisatorische belemmeringen voor Russische onderzoekers, stelt Medvedev. "De regels om naar het buitenland te reizen zijn door Gorbatsjov wel versoepeld, maar ze hebben eenvoudigweg het geld niet om te reizen. In het instituut waar ik hier in Londen werk, zijn voortdurend buitenlandse voor een paar maanden of een jaar te gast. Ook Polen, Hongaren en Chinezen. Sinds 1973 hebben we echter maar twee Russen gehad, voor een periode van drie maanden."

Om diezelfde financiële redenen is er een groot gebrek aan geavanceerde apparatuur. "Vrieskasten hebben ze wel, die maken ze zelf. Maar gecompliceerde Beckman-centrifuges, laat staan apparatuur als DNA-sequence-analysers, dat is een groot probleem. En daarnaast is er het computertekort – vooral aan *wordprocessors* en *printers* kunnen ze nauwelijks komen."

Aan Westerse wetenschappelijke tijdschriften is eveneens een schrijnend tekort. Ook die moeten met buitenlandse valuta worden betaald, met als resultaat dat er maar heel weinig abonnementen op wetenschappelijke tijdschriften zijn. Medvedev: "In Moskou en Leningrad is dat minder erg. Daar zijn goede bibliotheken waar de onderzoekers naar toe kunnen gaan. Maar als je in Azerbeidjan of Georgië komt, wordt het opeens een ander verhaal."

Na afloop van het gesprek laat Medvedev me het instituut zien waar hij werkt. Op een bepaald moment gaat hij trots naast de kopieermachine in de bibliotheek staan, legt er zijn hand op als de trotse bezitter van een nieuwe Alfa Romeo en vertelt dat hij, Zhores Medvedev, net als

alle andere wetenschappelijke medewerkers van het instituut gratis van deze machine gebruik mag maken. Wat vreemd eigenlijk, dacht ik op de terugweg in de metro, nog nooit heeft een onderzoeker mij ooit een kopieermachine laten zien. Inmiddels begrijp ik het. Ik heb meer dan tien vooraanstaande wetenschappelijke instituten in Moskou en Leningrad bezocht en ik heb geen enkele kopieermachine gezien.

De kopieermachine heeft niet alleen het probleem dat zij met schaarse buitenlandse valuta betaald moet worden. Daarnaast kan een kopieermachine voor politieke doeleinden gebruikt worden: de vermenigvuldiging van kritiek op het regime. Zelfs bij het Shemayakin-instituut voor bio-organische chemie in Moskou, waar toch niet op een wagonlading marmer is gekeken, zag ik geen kopieermachine. Directeur Prof Vadim Ivanov legde uit dat het weliswaar heel hard gaat met de openheid en democratisering, maar dat kopieermachines politiek heikel blijven. Andrei Mirzabekov, directeur van het Engelhardt Instituut voor Moleculaire Biologie in Moskou, bleek zich al dusdanig bij de afwezigheid van kopieermachines te hebben neergelegd dat hij mijn vraag daarover riposteerde met een moeilijk vertaalbare *wisecrack* van zijn Britse collega Sydney Brenner: "You should not Xerox a good article, you should Neurox it". Met andere woorden: in je geheugen opslaan.



## Genetische basis voor schizofrenie

Schizofrenie is een ernstige psychiatrische aandoening. Ieder mens heeft 1% kans schizofreen te worden. De ziekte (letterlijk 'gespleten geest') treft vooral volwassenen, kent meestal geen voorverschijnselen en wordt gekenmerkt door hallucinaties, waanbeelden en afwijkende emotionele en sociale gedragingen. Er zijn diverse typen schizofrenie die verschillen in ernst. De behandeling met medicijnen op basis van fenothiazinen is verre van bevredigend.

Naar de oorzaak en de mechanismen van schizofrenie tast men in het duister. Wel is sinds lang bekend dat de ziekte in sommige families vaker voorkomt dan in andere. De kans op schizofrenie vergroot tot 10% indien er een schizofrene verwante in de eerste graad is, voor eenenig tweelingen is de kans zelfs 50%. Deze gegevens suggereren een genetische basis en/of een sterke invloed van gemeenschappelijke milieufactoren. Terwijl vroeger vaak werd gesteld dat de ziekte wordt uitgelokt bij voorbeschikte personen door een schizofrenogene gezinsituatie – waardoor vele ouders met schuldgevoelens werden belast – winnen sinds de jaren zeventig genetische hypothesen meer veld. Doch ondanks uitvoerige familiestudies is er geen duidelijk en eenvoudig overervingspatroon (dominant, recessief of X-gebonden) aan het licht gekomen. Dit kan dus betekenen dat meerdere genen een rol spelen of dat er zoveel varianten zijn, dat conclusies nog onmogelijk zijn, of dat de milieuinvloeden ook een grote invloed hebben.

Een eerste stap tot de opheldering van een moleculair-genetische en biochemische basis van althans één variant van schizofrenie werd onlangs gezet door de ontdekking van een gen dat tot schizofrenie voorbeschikt (*Nature*, Vol. 336, 10 nov. 1988, p. 164-170).

Onderzoekers aan University College en Middlesex School of Medicine in London onder leiding van Robin Sherrington en Hugh Gurling onderzochten in samenwerking met IJslandse artsen vijf IJslandse en twee Engelse families met schizofrene patiënten in elk van drie generaties. Van de 104 onderzochte individuen waren er 39 met schizofrenie, vijf met schizoïde persoonlijkheids-

ceptorgen was dus een goede kandidaat. Recent is evenwel gebleken dat dit gen toch niet in het gebied ligt dat bij de twee Chinezen afwijkend is.

De waarschijnlijkheid van dit resultaat is meer dan 1 miljoen op 1. Het voorbeschikkend gen vertoont 8% recombinatie met de onderzochte riflips, wat grofweg overeenkomt met een afstand van 8 miljoen nucleotiden – alhoewel op deze schatting heel wat variatie zit (zie Analyse en Katalyse, maart 1988). De precieze plaats van dit 'gen voor schizofrenie' is dus nog lang niet gevonden.

In hetzelfde nummer van *Nature* publiceert een groep onderzoekers van Yale University onder leiding van James Kennedy en Kenneth Kidd evenwel een ogenschijnlijk tegenstrijdig resultaat: in een grote familie uit Noord-

## Duidelijk overervingspatroon zeker nog niet gevonden

stoornissen en tien met andere psychiatrische stoornissen.

Met behulp van restrictie-fragment lengte-polymorfismen (of riflips, zie Natuur en Techniek, oktober 1988, pag. 818-822) vonden ze dat aanleg tot schizofrenie en aanverwante stoornissen in dominante vorm overgeërfd wordt te zamen met een gebied op chromosoom 5. Aanleiding om dit gebied te onderzoeken was een daar gevonden chromosomale afwijking bij een Chinese schizofrene man en zijn neef, alsook de lokalisatie van het gen voor de glucocorticoïdereceptor in dat gebied. Het is bekend dat glucocorticoïden psychotische verschijnselen kunnen veroorzaken, het re-

Zweden met vele schizofrene patiënten werd duidelijk aangetoond dat het hypotetisch genetische defect *niet* in het bewuste gebied van chromosoom 5 gelegen is. Dit betekent dat er ofwel geen genetische basis is in deze familie, ofwel dat defecten aan één of meer andere genen bijdragen tot hetzelfde finale resultaat: schizofrenie. Ook is het mogelijk dat er diverse vormen van schizofrenie bestaan; discussies hierover houden psychiaters al jaren bezig.

De groep uit Yale slaagde er vooralsnog niet in om het genetische defect in hun familie te lokaliseren. Het is duidelijk dat de eerste groep geluk had, toen ze



afgingen op het anecdotische gegeven van de afwijking van chromosoom 5 bij twee patiënten, want voordien zijn er al vele andere chromosoomafwijkingen in combinatie met schizofrenie beschreven. Bovendien hielden ze het gen voor de glucocorticoïd-receptor, achteraf gezien per abuis, voor een schizofrenieveroorzakend gen.

Deze situatie illustreert de behoefte aan een goede genetische kaart van het menselijk genoom: met enkele honderden gelijk verspreide genetische merkers zou het hele menselijke genetische materiaal systematisch te scannen zijn en hoeft men niet meer op goed geluk hier en daar een genetische merker uit te testen.

Deze eerst beschreven ontdekking blijft evenwel de eerste duidelijke evidentie voor een genetische fac-

tor in schizofrenie. In een begeleidend commentaar schrijft Eric Lander van het Whitehead Institute (MIT) dat hiermee helemaal niet gezegd is dat schizofrenie *volledig* genetisch bepaald is. Het gegeven dat bij 50% van eenenige tweelingen met een schizofreen lid, het andere individu normaal is, is een krachtig argument voor de invloed van niet-genetische factoren. Lander stelt dat meer families onderzocht moeten worden, om de graad van genetische heterogeniteit te onderzoeken. Hij herinnert aan het feit dat twee jaar na het vinden van een voorbeschikkend gen tot manisch-depressief syndroom op chromosoom 11 in een Amish familie, dit resultaat nog steeds niet bevestigd is voor een andere familie. Door zich te concentreren op families met vele schizofrenen in

genetisch en geografisch geïsoleerde bevolkingsgroepen als in IJsland, bekomt men misschien een uitzonderlijk zeldzaam genetisch defect dat niet veralgemeenbaar is tot de algemene bevolking.

Hoe dan ook, de eerste stap tot de opheldering van de oorzaak of oorzaken van schizofrenie is gezet. Isolatie van het gen of de genen die voorbeschikken, kan leiden tot een inzicht in de biochemische mechanismen van deze ziekte, die een hoge menselijke en economische tol eist. Doch dit is, zo commentarieert *Nature*, "niet het recept voor vlugge resultaten, maar de schets van een onderzoeksprogramma dat tientallen jaren zal vergen."

**Dr Peter Mombaerts**

*MIT, Cambridge, Mass., USA*

## Houten vangrail

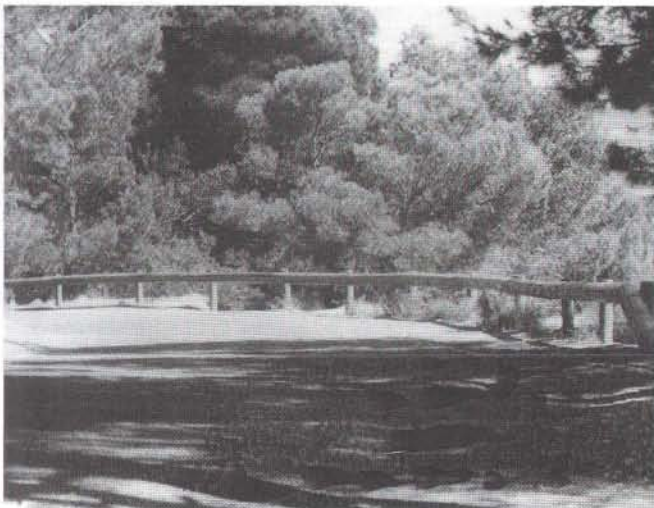
Wie komende zomer door bergachtig gebied autorijdt en angstig wordt omdat slechts een houten

hekje de weg van het ravijn scheidt, doet er goed aan nog eens naar het hekwerk te kijken. Misschien beschermt een nieuwe houten vangrail het landschappelijk karakter én het leven van de voorbijgangers.

De vangrail wordt vervaardigd van geïmpregneerd Europees hout. Er hoeft dus geen tropisch regenwoud voor plat. Wie er tegenaan botst is net zo veilig als bij een klap tegen een metalen vangrail. De paaltjes schijnen zich zelfs veiliger te gedragen; ze versplinteren, en boren zich dus niet, als hun metalen collega's soms doen, in mens of auto.

In bergachtige gebieden heeft de vangrail bewezen beter dan de metalen rail bestand te zijn tegen de sneeuwmassa's die sneeuwruimers voor zich uit schuiven. De sneeuw schuift er beter langs af, zodat de rail minder snel beschadigd raakt. Tenslotte is de vangrail esthetisch verantwoord, ondanks het asfalt kunt u de gedachte aan een idyllisch bergweggetje in stand houden.

*(Persbericht Frantech)*



Houten vangrails staan mooi in een landschappelijke omgeving en zijn net zo veilig als metalen. (foto Frantech)

## Rupsenplaaq gunstig voor bos

Vorig jaar werd Nederland opgeschrikt door berichten over een rupsenplaaq die grote oppervlakten gras op de Veluwe verwoestte. Alleen al in het Deelerwoud gingen 500 van de 750 hectaren vegetatie van bochtige smeie en pijpestrootje in de vernieling en in totaal ging het om 1300 hectaren bos en natuurterrein. Men telde per vierkante meter tussen de 200 en 400 rupsen die de grassen tot aan de wortel wegvraten, zodat er voor herten en reeën weinig meer overbleef.

De massale aanwezigheid van grasvretende rupsen in bossen is een zo zeldzaam verschijnsel, dat zelfs entomologen voor een raadsel stonden. Pas nadat bij de Plantenziektenkundige Dienst uit de rupsen vlinders waren gekweekt, wist men zeker dat het om *Cerapteryx graminis* ging, die in gewoon Nederlands grasuil

Niet duidelijk is geworden waarom er plotseling zoveel rupsen tevoorschijn kwamen. Men veronderstelt wel dat de strenge winters vanaf 1985 gunstig waren voor de grasuilen. Ze zouden daardoor minder last hebben gehad van parasitaire micro-organismen. De hoge stikstofneerslag op de Veluwe zou ook van invloed kunnen zijn geweest.

Er is nooit serieus overwogen om de plaaq te bestrijden, tenzij die zou zijn overgeslagen naar aangrenzende graslanden en graanpercelen. Chemische middelen werden zonder meer afgewezen. Bij het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek werden proeven gedaan naar de mogelijkheden van biologische bestrijding met preparaten van de bacterie *Bacillus thuringiensis*. Het middel gaf een redelijk goede werking te zien. Menselijk ingrijpen bleek evenwel helemaal niet nodig te zijn, want inmiddels hadden een groot aantal natuurlijke vijanden een drastische opruiming onder de grasuiltjes gehouden. Dit jaar komen ze nog wel voor, maar in aanzienlijk kleinere aantallen dan vorig jaar. Het natuurlijke evenwicht is zich aan het herstellen.



Vlinder van de grasuil (Foto's: Directie Landbouwkundig Onderzoek).

De opruiming vond voornamelijk plaats in het popstadium van de grasuil. Daarvoor bleek vooral een sluipvlieg, *Gonia picea*, verantwoordelijk te zijn. De eitjes van deze vlieg komen met het voedsel in de darm van de grasuiler terecht. Als deze zich gaat verpoppen, doen de uit de vliegengeneren geboren maden zich te goed aan de grasuilerpoppen, waarna deze sterven. *Gonia* bleek in het Deelerwoud nogal drastisch tekeer te zijn gegaan. Van de daar verzamelde poppen was niet minder dan 55% door de vlieg geparasiteerd. Zo'n hoog parasite-



heet. Elk wijfje legt zo'n 200 tot 300 eitjes. De uit de eitjes voortkomende rupsen, voeden zich uitsluitend met grassen. In het Deelerwoud begonnen ze aan het bochtige smeiegras in dennebossen en toen dat volkomen was kaalgevreten, werd er mars gezet naar de aanliggende vergraste heidepercelen.

Rupsen van de grasuil.

Poppen van de grasuil.







*Goniopterus picea*, de parasietvlieg van de grasuil.

ringspercentage is mogelijk wanneer de vlieg circa duizend eitjes kan leggen en dat ook nog doet op het juiste tijdstip tijdens de groei van de grasuilrupsen.

Bij het Commonwealth Institute of Biological Control in Genève, waarmee men voor de identificatie van de vlieg contact had gezocht, was men van dit fenomeen reeds eerder op de hoogte. Men had daar in het recente verleden al grote moeite gedaan om het insect te pakken te krijgen om het voor biologische bestrijding te benutten. In de periode 1980-1984 trachtte men de sluipvlieg op de Waddeneilanden te verzamelen. De parasiet komt daar wel voor, maar toch weer zo gering in aantal, dat de resultaten van enkele jaren zoeken niet overweldigend waren. Men wilde de parasietvlieg in Canada gebruiken, waar de grasuil in 1966 is binnengekomen, zonder evenwel vergezeld te zijn van zijn natuurlijke vijanden. De grasuil vermeerderde zich daardoor ongeremd en zag kans in de graslanden van Newfoundland een grote ravage aan te richten.

Dank zij de rupsenuitbarsting op de Veluwe, waren er voor Canada voldoende geparasiteerde poppen beschikbaar. In de boswachterij

Kootwijk verzamelden Y. Jongema en studenten van de vakgroep entomologie van de Landbouwuniversiteit deze zomer in enkele dagen 3500 exemplaren.

Bosbeheerders zijn overigens belust niet ongelukkig met de rupsenplag. De rupsen hebben zich vooral actief getoond in de open denbossen. In die bossen vormt de zeer dichte grasmat van de bochtige smele een grote hinderpaal voor de verjonging van boomsoorten en kruiden. Daar waar het gras door de rupsen is opgeruimd zijn er nu betere mogelijkheden voor het ontstaan van een rijkere vegetatie.

Bovendien kan er nog een andere interessante conclusie getrokken worden. Het ecosysteem van de grove-dennenbossen, ook wel smalend 'grove-dennenakkers' genoemd, is wat zijn entomologische evenwicht betreft, blijkbaar redelijk stabiel. Het bos heeft genoeg dynamische mogelijkheden om een plaag als deze snel en volledig tegen te gaan.

(Nieuws uit Wageningen)

## De wet van...

**Hans van Maanen. De wet van... Meppel, Amsterdam: Uitgeverij Boom. 128 pag. f 19,90 of 390 BF. ISBN 90 6009 865 x.**

U kent de wet van Murphy: *wat mis kan gaan, gaat mis*. Daarop bestaan veel varianten. *Wat niet mis kan gaan, gaat mis. Als iets niet misgaat, blijkt achteraf dat het beter wel mis had kunnen gaan*. Bijvoorbeeld.

In een voor natuurwetenschappers alleraardigst boekje zijn de grote wetten uit natuur-, wis- en scheikunde behandeld. Iedere wet krijgt een paar bladzijden. De teksten verschenen eerder in afleveringen in het Haarlems Dagblad. Misschien dat er

toen soms nog iets mis ging, de auteur rept daat in zijn voorwoord van, in boekvorm is er weinig op aan te merken. Alleen verschroomt men fietssturen niet, maar men verchroomt ze (pag. 83). De inzinking van de corrector zette zich nog twee bladzijden voort, want ik ontmoette de twee gruwelijke zinnen: 'Het lastigste van de wet van Joule is de uitspraak' en 'Als we een elektrische stroom door een draad sturen, wordt de draad allengs warmer, en met die hitte kunnen we een kopje thee maken.' Ik maak thee met theeblaadjes, heet water en een theepot. Hitte gebruik ik in dit geval om water op te warmen. Het zijn gelukkig te weinig foutjes om de wet van Murphy op dit boekje van toepassing te verklaren. Lezen over de wet van Archimedes, Kepler, Snellius, Torricelli, Pascal, Buys Ballot, Boyle, Newton, Coulomb, Gay-Lussac, Avogadro, Ohm, Faraday, Joule, Planck, Einstein en vele anderen is een aangename herhaling van vroeger moeizaam doorgeworstelde leerstof. De auteur plaatst de opsteller van de wet in zijn tijd, geeft aan dat de formulering soms anders bedoeld was dan zij uiteindelijk vorm kreeg, en hij vertelt dat heel wat beroemde geleerden ook nog wetten opstelden die nu zeer te recht vergeten zijn, omdat ze onjuist bleken. Ook de maatschappelijke context waarin de wet werd gevonden en de wederzijdse inspiratie krijgen aandacht. Zonder Ohm geen Einstein; zonder Gay-Lussac geen Avogadro. De Wet van Murphy is dan niet van toepassing op het boekje van Van Maanen, zeker wel op het verschijnsel natuurwet. Kent u de wet van Bode? Of die van Say? Ze hebben een tijd bestaan, ze zijn ook inspiratiebron voor andere wettenontwikkelaars geweest, maar uiteindelijk bleken ze niet waar. Wat mis kan gaan, gaat mis, ook met wetten.

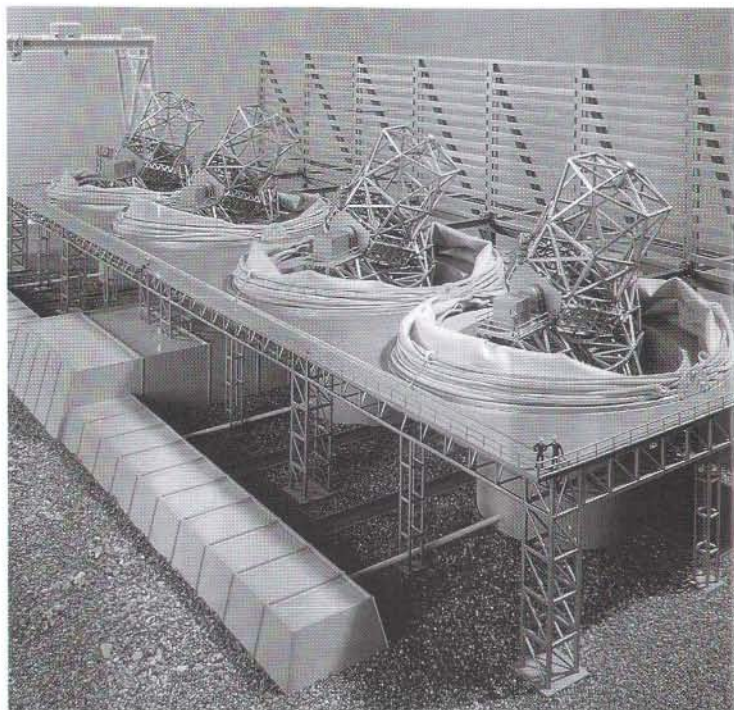
Wim Köhler



## De Europese Zuidelijke Sterrenwacht

De maquette van de VLT toont het volstrekt onconventionele telescoopontwerp. (foto: ESO)

In het Haagse Museon is nog tot 12 maart een tentoonstelling te zien over het ESO. Het European Southern Observatory (ESO) is een Europese wetenschappelijke organisatie van acht lidstaten: België, Denemarken, de Bondsrepubliek Duitsland, Frankrijk, Italië, Nederland, Zweden en Zwitserland. ESO werd in 1962 opgericht teneinde de samenwerking tussen de landen te bevorderen en om Europese astronomen te voorzien van een moderne sterrenwacht, die het mogelijk zou maken op het zuidelijke halfrond de hemel te onderzoeken. Die was tot dan toe veel minder intensief bestudeerd dan de noordelijke. De ESO-sterrenwacht op La Silla, ongeveer 600 km ten noorden van Santiago in Chili, beschikt nu over veertien optische telescopen met spiegels van 0,4 tot 3,6 meter middellijn. Begin 1987 werd hier een telescoop met een schotel van 15 meter aan toegevoegd, de spiegel is niet van glas overigens. Deze is ontworpen voor het waarnemen van straling met een golflengte van millimeters. Dit waarnemingsgebied ligt tussen de infrarode en radiogolflengtes. De sterrenwacht op La Silla is op het ogenblik één van de grootste en meest actieve ter wereld. Er zijn veel belangrijke ontdekkingen gedaan. De omstandigheden op La Silla zijn zo goed, dat iedere telescoop meer dan 2000 uur per jaar kan worden gebruikt. In december 1987 besloot de directie van ESO de constructie van een nieuw type lichttelescoop op stapel te zetten. Deze telescoop wordt in het Engels de Very Large Telescope (VLT) genoemd en bestaat uit vier telescopen, ieder met een spiegel van 8 meter middellijn, waarvan de signalen worden 'opgeteld'. De VLT is dan gelijkwaardig aan een telescoop met een spiegel van 16 meter doorsnede. Hij zal in 1998 gereed zijn.



Het Europese hoofdkwartier van ESO staat in Garching bei München in de Bondsrepubliek Duitsland. Hier ontmoeten astronomen en technici uit heel West-Europa elkaar om resultaten te bespreken en ideeën uit te wisselen. Ook worden er nieuwe instrumenten ontworpen en gebouwd voor gebruik op La Silla. Het hoofdkwartier huisvest computers, meetapparatuur en een gespecialiseerd fotografisch laboratorium die het de Europese astronoom mogelijk maken, zijn waarnemingen uit La Silla te bewerken en te analyseren. Tegenwoordig is het zelfs mogelijk enkele telescopen op La Silla vanuit Garching te besturen. De tentoonstelling in het Museon geeft een beeld van het werk op de sterrenwacht en op het hoofd-

kwartier te München. De modernste waarnemingsmethoden worden getoond, zoals het werken met een vanuit Europa op afstand bediende telescoop, die zelf in Chili staat. Aan de hand van foto's en modellen worden ook de spectaculaire toekomstplannen uitgebreid aan de orde gesteld. Uiteraard is er een ruime plaats toebedeeld aan het onderzoek zelf. Er zijn vele fraaie foto's van interessante hemelobjecten, waaronder een groot panorama van ons eigen Melkwegstelsel. Het Museon ligt aan de Stadhouderslaan 41, 2517 HV Den Haag. Openingstijden di t/m vr 10.00-17.00 uur. Za, zo en op feestdagen van 12.00 tot 17.00 uur. Inlichtingen 070-514181.



## OPGAVEN & PRIJSVRAAG

### Vragen?

De vragen, bedoeld om het nut van Natuur en Techniek in het onderwijs te verhogen, horen bij het artikel *Cosmetica*, te vinden op pag. 86-100 van dit nummer. Ze zijn opgesteld door drs J. Bouma, vakdidacticus scheikunde aan de Vrije Universiteit in Amsterdam en drs. A.J. Mast, scheikundedocent aan het Petrus Canisius College in Alkmaar.

1. Men maakt wel onderscheid tussen verzorgende en decoratieve cosmetica. Waarop berust dit onderscheid?
2. Als grondstoffen worden oliën, vetten en wassen genoemd. Waarin verschillen deze wat betreft eigenschappen en wat betreft bouw van de molekulen?
3. Squalen is een triterpeen. Geef hiervan de molekuulformule.
4. Terpenen worden door gebruik van diverse scheidingsmethoden gewonnen. Waarop berusten: extractie, persen, stoomdestillatie en adsorptie?
5. Wat zijn harsen? En wat balsams?
6. Om verdamping van vluchtige componenten uit parfums te remmen, gebruikt men zgn. fixateurs. Geef een verklaring voor de werking van deze stoffen.

7. Aan welke eisen moet een decoratief cosmetisch produkt voldoen? Welk soort stoffen gebruikt men om hieraan te voldoen?
8. Geef een stukje van een haar schematisch in een structuurformule weer.
9. Leg uit op welke wijze elektrostatische interactie tussen de peptidegroepen van een eiwit en de kleurstofmolekulen kan plaatsvinden.
10. Geef de hydrolyse van een vet in structuurformules weer.
11. Hoe moet men zich het 'terugvetten' door shampoo voorstellen? Is dat wel mogelijk met zoveel zeep in de buurt?
12. Soms wordt zeep als granulaat geleverd, waarmee spuitgietsen mogelijk is. In welke tak van de chemische industrie past men ook spuitgietsen toe?
13. Hoe ziet de structuur van een water-oplosbare, laagmoleculaire polymeer eruit?
14. Geef een voorbeeld van een sulfaat van een vetalcohol en een van een geëthoxyleerde vetalcohol.
15. Welk *soort* stoffen moet een crème bevatten als deze reinigend, beschermend, vochtregulerend, vetregulerend en drager van actieve bestanddelen moet zijn?

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:

Postbus 415, 6200 AK Maastricht.

Telefoon: 043-254044\*.

Voor België:

Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.

Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:

Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:

T. Habets-Older Juninck:

tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:

f 105,- of 2060 F. (per 1-1-'89)

Prijs voor studenten: f 80,- of 1565 F. (per 1-1-'89)

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 10,00 of 200 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v.

Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31

t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te

Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel,

nr. 437.6140651-07.

## -EIGEN- - - - - ONDERZOEK

De rubriek Eigen Onderzoek, waaraan u misschien net begon te wennen nadat hij driemaal was verschenen, verdwijnt alweer. De redactie was zeer tevreden over de inzendingen die tot nu toe zijn gepubliceerd, maar er kwamen er te weinig binnen die geschikt waren voor publikatie. De rubriek

dreigde daardoor een marginaal bestaan te gaan leiden. Daar voelt de redactie niets voor, want iedere maand vinden we weer dat er plaatsgebrek is. Helaas, wat ons betreft, verscheen de rubriek Eigen Onderzoek vorige maand dus voor het laatst. Onze dank gaat uit naar alle inzenders.

## OPGAVEN & PRIJSVRAAG

### Prijsvraag

#### Oplossing december

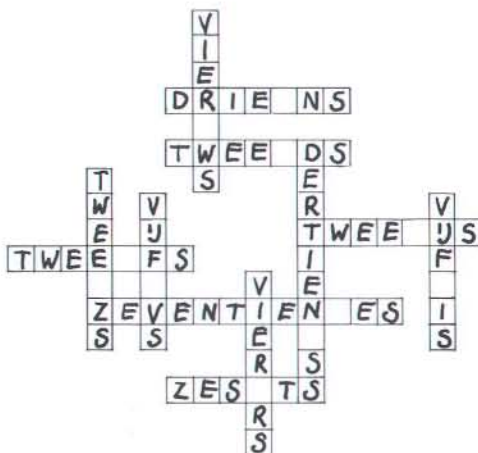
Het zelfverwijzende kruiswoordraadsel van Lee Sallows in het decembernummer was niet zo moeilijk als uw puzzelredactie dacht. Een stroom goede oplossingen, waarvan er maar weinig fout waren, vulde de postbus. De juiste oplossing staat in bijgaand diagram. Kritiek kreeg uw puzzelredactie op het feit dat de ij als één letter is beschouwd. Dit is in de (Nederlandse) puzzelwereld zo gebruikelijk dat wij vermelding daarvan achterwege lieten.

Na loting gaat de maandprijs naar F.J. Mink uit St. Genesius-Rode die een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur en Techniek ontvangt. Bovenaan de ladder verscheen met 70 punten Glenn Creten uit Berchem; de prijs is een jaarabonnement op Natuur en Techniek. Toevalligerwijs woont de ene prijswinnaar in de Boomkwekerijlaan en de andere in de Fruithoflaan.

voor de laddercompetitie maximaal zes punten te verdienen. Wie bovenaan de ladder verschijnt wint een gratis jaarabonnement op Natuur en Techniek en verliest al zijn/haar punten.

Oplossingen sturen naar:

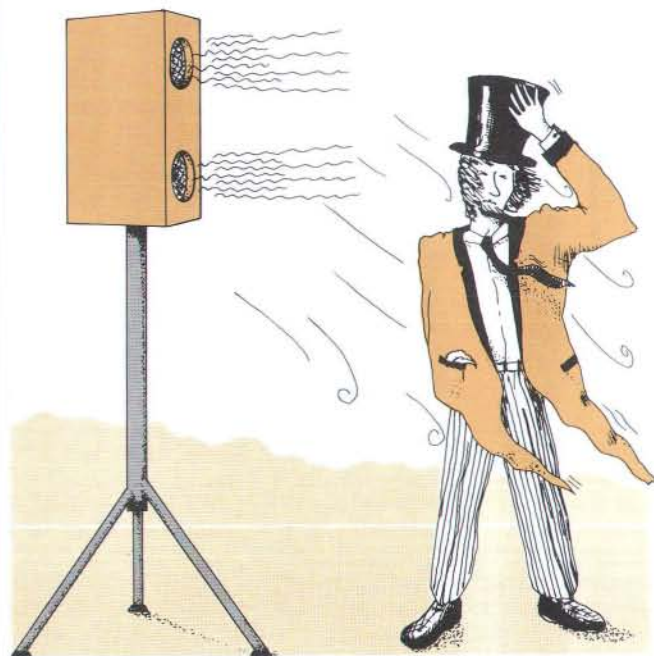
Natuur en Techniek  
Prijsvraag  
Postbus 415  
6200 AK Maastricht



#### De nieuwe opgave

Een natuurkunde-opgave weer deze maand, ons ter beschikking gesteld door de organisatoren van de Nederlandse Natuurkunde-olympiade.

Laat zien dat je met vier luidsprekers, die ook als microfoon dienst kunnen doen, een windsnelheidsmeter kunt maken. Zo'n meter is niet alleen in staat om de windkracht, maar ook om de windrichting te bepalen, onafhankelijk van de geluidssnelheid. Dit laatste wil zeggen dat bijvoorbeeld temperatuur en vochtigheid geen invloed hebben op het resultaat. Beschrijf het principe van de meting en de opstelling van de luidsprekers. Oplossingen moeten uiterlijk 15 maart op de redactie zijn om mee te dingen naar de maandelijkse lootprijs en om te worden geregistreerd voor de ladderprijs. Maandelijks zijn





# VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

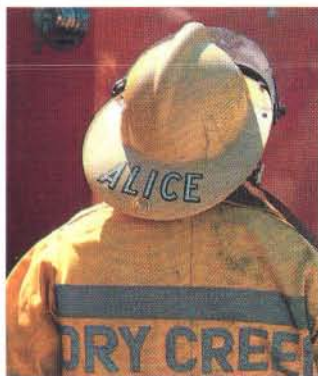
## Romeinen

Op oude Romeinse kaarten is bij de nederzetting Praetorium Agrippinae, vlakbij het Zuidhollandse dorp Valkenburg, een opvallend symbool getekend. Een uitdaging voor archeologen. Drs E.J. Bult, drs D.P. Hallemas en drs P. van Rijn onthullen wat dit symbool te betekenen had.



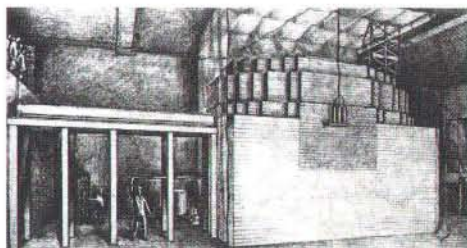
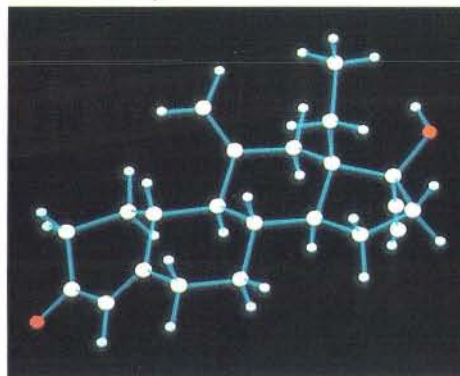
## Steroïden

Deze organische stoffen komen in alle levende organismen voor. Ze bestaan uit drie zesringen en een vijfring, op een speciale manier gekoppeld. Ze vervullen belangrijke functies als hormoon of als bestanddeel van membranen. Dr M.B. Groen gaat in op de vele variaties die steroïden te bieden hebben.



## Man en vrouw

Biologisch onderzoek naar het verschil tussen man en vrouw heeft nogal eens te lijden gehad van vooroordelen bij de (overwegend mannelijke) onderzoekers. Drs M. van den Wijngaard analyseert hoe deze hebben doorgewerkt in het onderzoek naar de biologische basis van het gedrag.



## Stroom

Hoe werkt een elektriciteitscentrale? Deze vraag wordt beantwoord in dit artikel van drs J.C.J. Masschelein. Centraal staat de olie- en gasgestookte Claus-centrale in het Limburgse Maasbracht. De daar toegepaste fysische principes gelden echter voor elk type elektriciteitscentrale.



## Kernsplijting

Dit jaar is het vijftig jaar geleden dat voor het eerst een kunstmatige kernsplijting tot stand werd gebracht. Prof dr P.H.M. Van Assche be-

schrijft wat aan deze gebeurtenis voorafging. Een verhaal dat bol staat van de gemiste kansen, anders had dit artikel in 1985 al moeten verschijnen.

## Anabolen

Menig sporter gebruikt anabole steroïden in de hoop er sterker van te worden. En inderdaad: nooit liep iemand zo hard als Ben Johnson. Deze stoffen bevorderen namelijk de opbouw van eiwitrijke weefsels. Prof dr J.M. van Rossum beschrijft gebruik en misbruik ervan.



# PLANTENVEREDELING

Plantenveredelaars proberen gewassen te ontwikkelen met een optimale combinatie van gewenste eigenschappen, zodat een gewas ontstaat dat én productief, én gemakkelijk te kweken én resistent tegen ziekten en plagen is. Klassiek is het doortelen met bepaalde varianten: planten met geschikte eigenschappen worden gekruist om nog geschiktere te kweken. Tegenwoordig staan de telers ook genetische technieken ter beschikking, waarmee zelfs eigenschappen van andere soorten in een gewas ingebouwd kunnen worden. De eerste genetisch gemanipuleerde planten stonden al op proefveldjes. Het betreffende onderzoek wordt echter ook sterk beïnvloed door economische factoren. Eén van de zaken die in discussie zijn is de mogelijkheid patent aan te vragen op genetisch gemanipuleerde planten of het laten prevaleren van het kwekersrecht.

**Zojuist  
verschenen**



**cahiers  
bio-wetenschappen  
en maatschappij**

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 1 van de 13e jaargang.  
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

## Inhoud

**Genetische verscheidenheid**  
A.C. Zeven

**Wat is plantenveredeling?**  
G.A.M. van Marrewijk

**Ontwikkelingen in de plantebiotechnologie**

**Analyse van milieu-effecten is noodzakelijk**  
L. Reijnders

**Risico's van genetische manipulatie bij planten**  
M. Koornneef

**Nieuwe akkerbouwgewassen?**  
L.J.M. van Soest

**Perspectieven voor boeren in de 21e eeuw**  
J.D. Bijloo

**Wettelijke bescherming van planterassen Biotechnologie en kwekersrecht**  
C. Mastenbroek

**Biotechnologie en octrooirecht**  
J. van der Toorren

**Ontwikkelingslanden**  
J.J. Hardon

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.